

Delphion

RESEARCH

SERVICES

INSIDE DELPHION

## The Delphion Integrated View

Buy Now: [More choices...](#)

Tools: Add to Work File: [Create new Work File](#)

View: [INPADOC](#) | Jump to: [Top](#)

[Email this to](#)

Title: **JP2001174744A2: OPTICAL SCANNING PROBE DEVICE**

Country: **JP Japan**

Kind: **A2 Document Laid open to Public inspection**

Inventor: **OKAWA ATSUSHI;  
HIBINO HIROKI;  
YAMAMIYA HIROYUKI;**

Assignee: **OLYMPUS OPTICAL CO LTD**  
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)

Published / Filed: **June 29, 2001 / Sept. 26, 2000**

Application Number: **JP20002000292546**

IPC Code: **G02B 26/10; G02B 23/24;**

Priority Number: **Oct. 6, 1999 JP1999000285963**

Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical scanning probe device which covers a desired scanning range and is easy in designing a condensing optical system adjusting the focus and can raise the resolution.

**SOLUTION:** The front end side of an optical fiber 6b through which light from a light source part is transmitted is held in a hole part of the base 14, and an optical fiber tip part 20 projecting frontward is held by a lens holder 17 together with an objective lens 18, and the lens holder 17 is held by upper and lower thin plates 15a and 15c and right and left thin plates so that it can be elastically deformed to the rear end side, and plate-shaped piezoelectric elements 16a and 16b are attached to thin plates 15a and 15c respectively, and they are bent in the directions perpendicular to plate surfaces by applying a driving signal to move the lens holder 17, and scanning is so performed that light emitted from the optical fiber front end part 20 may be converged by the objective lens 18 to adjust a focus 21 on the detection object part side.

**COPYRIGHT:** (C)2001,JPO

Designated Country: **AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE EP US**

Family: [Show 4 known family members](#)

Other Abstract Info: **DERABS G2001-589555**



[Nominate this for the Gallery](#)





(19)

(11) Publication number: **2001174**

Generated Document.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: **2000292546**

(51) Intl. Cl.: **G02B 26/10 G02B 23/24**

(22) Application date: **26.09.00**

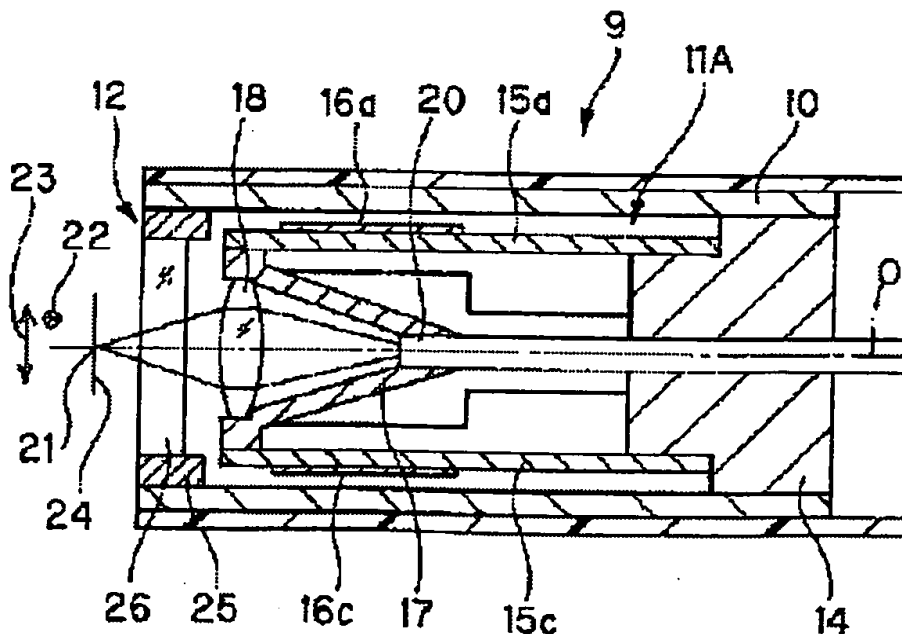
(30) Priority:	<b>06.10.99 JP 11285963</b>	(71) Applicant: <b>OLYMPUS OPTICAL CO LT</b>
(43) Date of application publication:	<b>29.06.01</b>	(72) Inventor: <b>OKAWA ATSUSHI HIBINO HIROKI YAMAMIYA HIROYUKI</b>
(84) Designated contracting states:		(74) Representative:

### (54) OPTICAL SCANNING PROBE DEVICE

(57) Abstract:

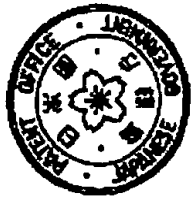
**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical scanning probe device which covers a desired scanning range and is easy in designing a condensing optical system adjusting the focus and can raise the resolution.

**SOLUTION:** The front end side of an optical fiber 6b through which light from a light source part is transmitted is held in a hole part of the base 14, and an optical fiber tip part 20 projecting frontward is held by a lens holder 17 together with an objective lens 18, and the lens holder 17 is held by upper and lower thin plates 15a and 15c and right and left thin plates so that it can be elastically deformed to the rear end side, and plate-shaped piezoelectric elements 16a and 16b are attached to thin plates 15a and 15c respectively, and they are bent in the directions perpendicular to plate surfaces by applying a driving signal to move the lens holder 17, and



scanning is so performed that light emitted from the optical fiber front end part 20 may be converged by the objective lens 18 to adjust a focus 21 on the detection object part side.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(19)

(11) Publication number:

2001174744 A

Generated Document.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 2000292546

(51) Int. Cl.: G02B 26/10 G02B 23/24

(22) Application date: 26.09.00

(30) Priority: 06.10.99 JP 11285963

(43) Date of application  
publication: 29.06.01

(84) Designated contracting  
states:

(71) Applicant: OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(72) Inventor: OKAWA ATSUSHI  
HIBINO HIROKI  
YAMAMIYA HIROYUKI

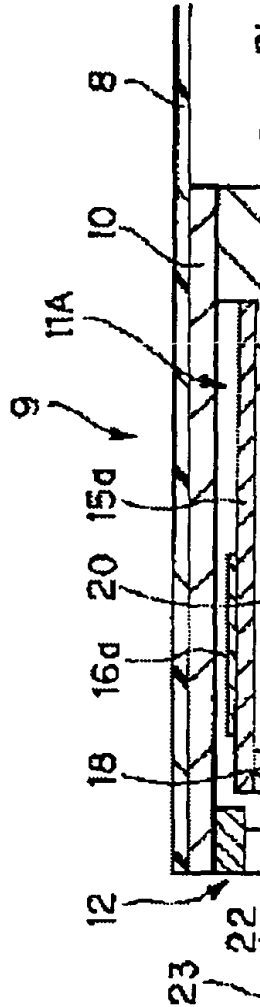
(74) Representative:

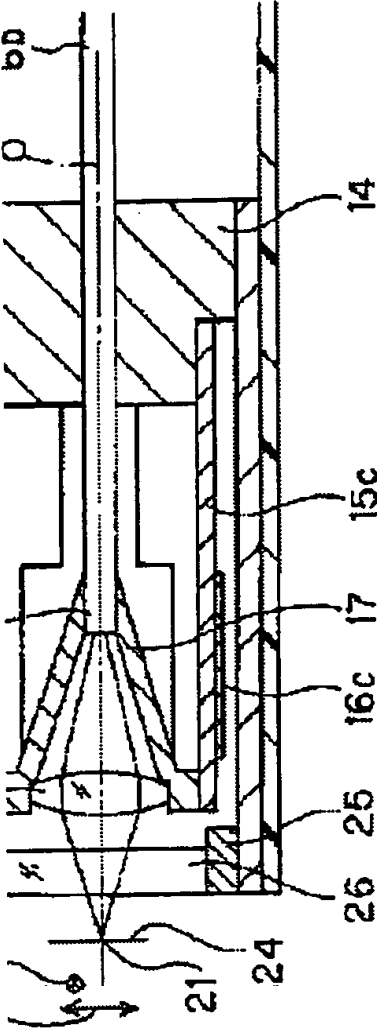
### (54) OPTICAL SCANNING PROBE DEVICE

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical scanning probe device which covers a desired scanning range and is easy in designing a condensing optical system adjusting the focus and can raise the resolution.

**SOLUTION:** The front end side of an optical fiber 6b through which light from a light source part is transmitted is held in a hole part of the base 14, and an optical fiber tip part 20





projecting frontward is held by a lens holder 17 together with an objective lens 18, and the lens holder 17 is held by upper and lower thin plates 15a and 15c and right and left thin plates so that it can be elastically deformed to the rear end side, and plate-shaped piezoelectric elements 16a and 16b are attached to thin plates 15a and 15c respectively, and they are bent in the directions perpendicular to plate surfaces by applying a driving signal to move the lens holder 17, and scanning is so performed that light emitted from the optical fiber front end part 20 may be converged by the objective lens 18 to adjust a focus 21 on the detection object part side.

EP 1142529

WO 0124686

P 2000 292546

---

9/26

JP 2001-174744

Oly





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源装置が発する観測光の焦点を被検部に対して走査し、該走査により得られる前記被検部からの前記観測光の反射光を観測装置に伝達する光走査プローブ装置において、

前記光源装置が発する前記観測光を伝達して該観測光を末端面より出射するとともに、前記被検部からの前記観測光の前記反射光を前記末端面より入射して前記観測装置に伝達する伝達手段と、

前記伝達手段の前記末端面から出射される前記観測光を集光する集光光学系と、

前記伝達手段の前記末端面と共に前記集光光学系を固定する固定手段と、

前記固定手段を移動し、前記観測光の焦点を被検部に対して走査する走査手段と、

を有することを特徴とする光走査プローブ装置。

【請求項2】 前記走査手段は、前記固定手段を所定の第1の方向に移動する第1の移動手段と、

前記固定手段を前記第1の方向とは異なる第2の方向に移動する第2の移動手段と、

からなることを特徴とする請求項1記載の光走査プローブ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光源装置からの光を走査して被検部に対する光学像情報を得る光走査プローブ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、光源装置で発生した光を光ファイバで伝送し、その先端面から被検部側に出射し、その際焦点位置を走査することにより、被検部に対する光学情報を得る光走査プローブ装置が実現されている。

【0003】その従来例として例えばUSP5, 120, 953がある。この従来例では被検部としての組織を拡大観察する内視鏡が開示されている。また、本従来例では光ファイバ先端をアクチュエータで走査させることによって、その前に配置された集光するレンズによる焦点を走査する技術が開示されている。また、スキャニングミラーによる焦点の走査についても開示されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、レンズに対して光ファイバ先端側、つまり光軸を移動させることによる走査方法では、光軸が走査された場合にも焦点を結ぶようにレンズを設計しなければならず、狭い走査範囲しか実現することが困難である。換言すると、所望とする走査範囲を満たすレンズを設計することは難しい。

また、所望とする走査範囲をカバーでき、かつ分解能を高くするには開口数(NA)の大きなレンズが必要であるが、従来例の構成の場合には、そのようなレンズ

(光学系)を製作することは非常に難しい。

【0005】(発明の目的)本発明は、上述した点に鑑みてなされたもので、所望とする走査範囲をカバーでき、焦点を結ぶ集光光学系の設計が容易となる光走査プローブ装置を提供することを目的とする。また、分解能を大きくすることができる光走査プローブ装置を提供することも目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】光源装置が発する観測光の焦点を被検部に対して走査し、該走査により得られる前記被検部からの前記観測光の反射光を観測装置に伝達する光走査プローブ装置において、前記光源装置が発する前記観測光を伝達して該観測光を末端面より出射するとともに、前記被検部からの前記観測光の前記反射光を前記末端面より入射して前記観測装置に伝達する伝達手段と、前記伝達手段の前記末端面から出射される前記観測光を集光する集光光学系と、前記伝達手段の前記末端面と共に前記集光光学系を固定する固定手段と、前記固定手段を移動し、前記観測光の焦点を被検部に対して走査する走査手段と、を設けることにより、伝達手段の末端面と共に前記集光光学系を移動して、観測光の焦点を走査する構成にしているため、走査状態に殆ど関係なく、伝達手段の末端面と集光光学系の位置関係を保持でき、集光光学系として特殊なものを必要としないで通常の集光光学系を使用でき、また開口数を大きくすることも容易となる。

## 【0007】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

(第1の実施の形態)図1ないし図6は本発明の第1の実施の形態に係り、図1は第1の実施の形態を備えた光走査型顕微鏡の全体構成を示し、図2は第1の実施の形態の光走査プローブ装置の先端部の構成を示し、図3は先端部に設けた光学ユニットの構成を示し、図4は制御部の構成を示し、図5は走査面を光走査する様子を示し、図6は光走査プローブ装置が挿通された状態の内視鏡の先端側を示す。

【0008】図1に示すように本発明の第1の実施の形態を備えた光走査型顕微鏡1は、光を発生する光源部2と、この光を伝達する光伝達部3と、体腔内等に挿入できるように細長に形成され、光伝達部3を経た光をその先端側から被検体側に出射すると共に、その戻り光を光伝達部3に導光する光走査プローブ装置(以下、単に光走査プローブ或いは光プローブと略記)4と、光プローブ4からの戻り光を光伝達部3を経て検出し、画像化する信号処理及び光プローブ4内に設けた光走査手段の制御等を行う制御部5とから構成される。

【0009】光源部2は例えばレーザー光を出力するレーザー発振装置で構成される。そのレーザー光は波長488nmのアルゴンレーザーが細胞観察には適している。光伝達

部3は、光伝達用ファイバ（単にファイバと略記）6 a, 6 b, 6 c, 6 dとこれらを双方向に分岐し、かつ光結合する4端子カプラ7とから構成される。ファイバ6 a, 6 b, 6 c, 6 dは、シングルモードファイバである。

【0010】ファイバ6 aの端部は光源部2に接続され、ファイバ6 cの端部は制御部5に接続され、ファイバ6 dの端部は無反射するデバイス等に接続されている（閉鎖されている）。

【0011】ファイバ6 bは長尺になっており、光プローブ4の外套チューブを構成する例えば可撓性のチューブ8の内部を通して、先端部9まで導かれている。この光プローブ4は例えば内視鏡の処置具用チャンネル内に挿通して体腔内に挿入することもできる。

【0012】なお、光源部2、光伝達部3及び制御部5は光プローブ4と接続される観測装置を構成し、光プローブ4の光走査により被検部側からの反射光を検出して観測装置に導き、観測装置内の後述する制御部5により画像化して表示手段に光走査による共焦タイプの顕微鏡像を表示するようにしている。

【0013】図2に示すように先端部9は、チューブ8の先端にその一端が取り付けられた円環形状で硬質の光学枠10と、この光学枠10の内側に取り付けられた光学ユニット11 Aと、光学枠10の先端に後述する圧電素子28を介して取り付けられた対象物（被検部）に押し当てる透明窓部材としての（透明で硬質の）先端カバーユニット12とからなる。

【0014】チューブ8内に挿通された細長の光ファイバ6 bの先端は光学ユニット11 Aに固定され、この光ファイバ6 bの先端から出射される光を光走査機構（スキャナ）を介して検査対象となる被検部側に集光して照射し、被検部側からの反射光を（戻り光）を受光する。図2の断面図で示す光学ユニット11 A部分を図3では斜視図で詳細に示す。この光学ユニット11 Aは以下の構成となっている。

【0015】光学枠10には光学ユニット11 Aのベース14が固定されている。ベース14は容易に動かないように後述するレンズホルダ17や対物レンズ18よりも重量が重くなるように構成されている。ベース14の中心の孔には光ファイバ6 bの先端側が挿通され、ベース14の孔の内壁に圧入された先端寄りの一部が固定されている。

【0016】またベース14には2組の平行な薄板15 a, 15 b, 15 c, 15 dの後端側が固定されている。つまり、平行な板バネを構成する薄板15 a及び15 cと、薄板15 b及び15 dとはそれぞれ板面が平行で、一方の薄板15 a（或いは15 c）と他方の薄板15 b（或いは15 d）とは板面が直交するように配置され、各後端部がベース14に固定され、（後端部に対して）先端側が上下方向及び左右方向に弾性的に変形自在

にしている。

【0017】さらに各薄板15 i（i=a~d）にはそれぞれ厚み方向に分極された板状の圧電素子16 i（16 dは図示しない）が各薄板15 iの前寄りの位置に装着されている。圧電素子16 iはユニモルフタイプの圧電素子を用いている。各圧電素子16 iの両面の電極は該圧電素子16 iを駆動するためのケーブル19（図1参照）が接続されており、チューブ8の内部を通して制御部5（の駆動手段）に接続されている。

【0018】4枚の薄板15 iの先端にレンズホルダ17が接合されており、このレンズホルダ17には集光光学系としての対物レンズ18と、光伝達手段としての光ファイバ6 bの先端部、つまり光ファイバ先端部20とが固定されている。このレンズホルダ17は対物レンズ18を取り付ける枠部と、この枠部から後方側に円錐（コーン）形状の延出枠部を延出して、対物レンズ18の光軸0上に位置する延出枠部の頂点部分に設けた小さな孔に光ファイバ先端部20を嵌入する等して固定している（対物レンズ18の光軸上に光ファイバ先端部（光ファイバ末端部）20が配置されている）。

【0019】そして、圧電素子16 iに駆動信号を印加することにより、板状の圧電素子16 iと薄板15 iの組合せは、その後端側に対して先端側を板面に垂直方向に曲がるように変形させて、その先端に保持されたレンズホルダ17もその変形により曲げられた方向に移動できるようにして、このレンズホルダ17で保持された光ファイバ先端部20と対物レンズ18とを共に移動して、出射される光を走査できるようにしている。この際、極く細い光ファイバ先端部20を焦点とするようにして拡開して出射された光を対物レンズ18で集光し、被検部側の焦点21の位置でフォーカスするような光を出射する。

【0020】また、上記圧電素子16 a, 16 b, 16 c, 16 dでの駆動により、焦点21を図2の水平方向（X方向）22と縦方向（Y方向）23に走査して焦点21を含む走査面24を走査できるようにしている。この走査面24は光プローブ4の軸方向に対して略垂直な平面となる。なお、対物レンズ18は例えば開口数が0.3以上のものが採用される。

【0021】また、先端カバーユニット12はカバーホルダ25とカバーホルダ25に固定されたカバーガラス26からなり、カバーホルダ25は光学枠10の先端部に固定されている。また、これらの構造によりプローブ先端部は密閉されている。

【0022】図4は制御部5を示したものである。

【0023】制御部5は光源部2のレーザを駆動するレーザ駆動回路31、圧電素子16 b, 16 dを駆動するX駆動回路32、圧電素子16 a, 16 cを駆動するY駆動回路33、光ファイバ6 cからの出力光を光電変換し、増幅するアンプを内蔵したフォトディテクタ34、

フォトディテクタ 34 の出力信号に対し、画像処理を行う画像処理回路 35、この画像処理回路 35 で生成された映像信号が入力されることにより、走査面 24 を走査した場合の反射光による顕微鏡画像を表示するモニタ 36、画像処理回路 35 で生成された映像信号を記録する記録装置 37 とからなり制御部 5 内部では図 4 のように接続されている。

【0024】また、レーザ駆動回路 31 は光源部 2 とケーブル 38 で接続されている。また、X 駆動回路 32 は圧電素子 16b、16d と、Y 駆動回路 33 は圧電素子 16a、16c とそれぞれケーブル 19 を介して接続されている。

【0025】そして、X 駆動回路 32 によりケーブル 19 を介して圧電素子 16b、16d を高速に駆動し、かつ Y 駆動回路 33 にはケーブル 19 を介して圧電素子 16a、16c をゆっくりと駆動することにより、図 5 に示すように走査面 24 を 2 次元的に走査するようにしている。

【0026】例えば、圧電素子 16b、16d を駆動する電圧の振幅を大きくすることにより、X 方向 22 の走査範囲を大きくでき、同様に圧電素子 16a、16c を駆動する電圧の振幅を大きくすることにより、Y 方向 23 の走査範囲を大きくでき、所望とする走査範囲を簡単に得られる。

【0027】また、図 6 は本光プローブ 4 を内視鏡と組み合わせて使用する場合を示した図である。内視鏡先端部 40 には内視鏡用の対物レンズ 41 と対物レンズ洗浄用のノズル 42、ライトガイド 43、鉗子用チャンネル 44 が設けられている。本光プローブ 4 は図 6 のように鉗子用チャンネル 44 に挿通して用いられる。また、プローブ 4 の先端部 9 における後方寄りの外表面にはバルーン 45 が設けられており、図示しない送気チューブが接続されており、また、送気チューブには図示しないシリンジが接続されている。

【0028】本実施の形態では、光源部 2 からの光を光プローブ 4 に挿通された細長の光ファイバ 6b でその先端側に伝達し、(固定或いは保持手段としての) レンズホルダ 17 によりその先端面と共に固定(保持)された集光光学系としての対物レンズ 18 により、被検部側に出射し、その際レンズホルダ 17 を走査手段を構成する圧電素子 16b、16d に交流信号として正弦波を印加して、水平方向に高速に走査し、かつ圧電素子 16a、16c に周波数の低い三角波を印加して縦方向にも光を走査して焦点位置からの反射光を得て、走査画像を得る構成にしている。

【0029】このように、光ファイバ 6b の先端面と対物レンズ 18 とを保持したレンズホルダ 17 を走査手段(駆動手段)で移動する構成とすることにより、所望とする走査範囲をカバーでき、かつ対物レンズ 18 として特殊なものを不必要とし、レンズ設計が容易となり、か

つ開口数を大きくして分解能を向上することも容易となるようにしていることが特徴となっている。

【0030】次に本実施の形態の作用を説明する。まず、内視鏡先端部 40 に対して光プローブ 4 の先端部 9 を固定させるためにバルーン 45 を図示しないシリンジを用いて膨張させる。続いてプローブ先端部 9 を、検査したい部分に押し当てる。このとき被検部は先端部 9 が固定されているため画像ぶれが少なくなる。

【0031】レーザ駆動回路 31 により駆動された光源部 2 は、レーザ光を照射し、この光は光ファイバ 6a に入射される。この光は 4 端子カプラ 7 によってレーザ光は、2 つの分岐され、そのうちの 1 つは、閉鎖端に導かれ、もう一方の光は光ファイバ 6b を介してプローブ 4 の先端部 9 へと導かれる。

【0032】このレーザ光は光ファイバ先端部 20 を焦点とするようにして拡開して出射した後に、対物レンズ 18 によって集光され、カバーガラス 22 を透過した後に被検部で焦点 21 を結ぶ。また焦点 21 からの反射光は入射光と同じ光路を通り、再びファイバ先端部 20 でファイバに入射される。つまり、光ファイバ先端部 20 と被検部の焦点 21 とは対物レンズ 18 の共焦点の関係にある。この焦点 21 以外からの反射光は、入射光と同じ光路を通ることができず、したがって光ファイバ端面 20 のファイバにほとんど入射されない。従って本光プローブ装置 4 は共焦点光学系を形成する。

【0033】また、この状態で制御部 3 の X 駆動回路 32 によって圧電素子 16b、16d を駆動させる。ここで、圧電素子 16i の動作を説明する。これらの圧電素子 16i に電圧を加えると、その厚みが変化する。圧電素子 16i に正の電圧を加えると厚みが厚くなるように変形し、これに伴って圧電素子 16i は長さ方向には縮む。この時、圧電素子 16i は長さが変わらない薄板 15i に接着されているため、全体として圧電素子 16i 側に曲がるように変形するようになっている。

【0034】逆に圧電素子 16i に負の電圧を加えると厚みが薄くなるように変形し、これに伴って圧電素子 16i は長さ方向には伸びる。ここで、圧電素子 16i は長さが変わらない薄板 15i に接着されているため、全体として薄板 15i 側に曲がるようになっている。ここで、向かい合った 2 つの圧電素子 16b、16d に一方は圧電素子側に、もう一方は薄板側に変形するように極性が逆の駆動信号を印加すると、これらは水平方向 22 の同一方向に変形する。

【0035】ここで圧電素子 16b、16d に極性が逆の交流を加えると、レンズホルダ 17 が振動し、これによって対物レンズ 18 と光ファイバ先端部 20 も移動して、レーザ光の焦点 21 の位置は走査面 24 の X 方向 22 (図 2 で紙面に垂直方向) に走査される。

【0036】この場合この系の共振周波数で駆動すると大きな変位が得られる。また、X 駆動と同様に、Y 駆動

回路33によってレーザ光の焦点21の位置は走査面24のY方向23に走査される。ここでY方向の振動の周波数を、X方向の走査の周波数よりも充分に遅くすることによって、焦点は図5のように走査面24を水平方向に高速で振動しながら下から上方向(Y方向)に順に走査する。これにともなう、この走査面24の各点の反射光が光ファイバ6bによって伝えられる。

【0037】このファイバ6bに入射された光は、4端子カプラ7によって二つに分けられ、ファイバ6cを通じて制御部5のフォトディテクタ34に導かれ、フォトディテクタ34によって検出される。ここでフォトディテクタ34は入射された光の強度に応じた電気信号を出力し、さらに内蔵のアンプ(図示しない)によって増幅される。

【0038】この信号は、画像処理回路35に送られる。画像処理回路35では、X駆動回路32、Y駆動回路33の駆動波形を参照して、焦点位置がどこのときの信号出力であるかを計算し、さらにこの点における反射光の強さを計算し、これらを繰り返すことによって走査面24の反射光を画像化し、画像処理回路35内の画像メモリに画像データとして一時格納し、この画像データを同期信号に同期して読み出し、モニタ36に走査面24を走査した場合の焦点位置の2次元反射光強度の画像を提示(表示)する。また、必要に応じて画像データを記録装置37に記録する。

【0039】本実施の形態では、シングルモードファイバを用いた例を示したが、本実施の形態はこれに限るものではなく、同様の役割を果たすマルチモードファイバを用いても良い。また、圧電素子もユニモルフタイプに限らずバイモルフタイプを用いても良い。

【0040】本実施の形態は以下の効果を有する。光ファイバ先端部20と対物レンズ18とを共に駆動するようにしたので、光学系が単純で良く、容易に高性能な光学系を実現できる。より具体的に説明すると、光ファイバ先端部20のみ、或いは対物レンズ17のみを駆動するのでなく、両者を共に駆動(移動)するようにしているので、駆動された状態と駆動されていない状態とで両者の関係は殆ど変化なく、従来例の場合における一方のみを駆動した場合での焦点を結ぶようなレンズ設計が困難になるようなことを解消できる。つまり、対物レンズ18の設計が容易である。或いは特殊なレンズ系を採用しなくても良い。

【0041】また、上述のように駆動状態に殆ど影響されることなく、光ファイバ先端部20と対物レンズ18との位置関係を保持しているため、対物レンズ18の光軸O上でその焦点位置に配置された光ファイバ先端部20から出射される光を効率良く対物レンズ18で集光できるように設計しておけば、駆動されてもその関係が保持され、分解能の高い走査画像を得ることができる。

【0042】これに対し、一方のみを駆動する従来例に

よれば、光ファイバ先端部20と対物レンズとの位置関係が駆動状態で変化するので、光ファイバ先端部20から出射される光を対物レンズで有効利用することが困難となり(つまり、実質的には口径が小さいのと同様となり)、分解能が低下する。

【0043】また、本実施の形態によれば、対物レンズ18の口径を大きくすることにより、より分解能が高い画像を得ることもできる。また、高速で駆動する方の例えばX方向を共振周波数で駆動することにより、X方向の走査範囲を大きくすることができる。

【0044】(第2の実施の形態)次に本発明の第2の実施の形態を図7及び図8を参照して説明する。図7は第2の実施の形態における先端部の構成を示し、図8は光学ユニットを示す。本実施の形態は第1の実施の形態と先端部9に設けた光学ユニット11Bの構成が一部異なるのみである。従って、第1の実施の形態と同じ部分は同じ番号を記してその説明は省略する。本実施の形態においても、光学枠10はチューブ8に固定され、この光学枠10に光学ユニット11Bのベース14が固定されている。このベース14には光ファイバ6bの先端寄りの一部が固定されている。また、ベース14には2枚の平行な薄板52a、52bが固定されている。

【0045】各薄板52a、52bにはその先端よりの位置に圧電素子53a、53bがそれぞれ接着されている。(薄板52bに設けた圧電素子53bは図7では見えない向こう側の面にある。)薄板52a、52bの先端部は中間部材54に固定されている。

【0046】また、この中間部材54の上面及び底面には2枚の平行な薄板54a、54bの後端が固定されている。薄板54a、54bには圧電素子55a、55bがそれぞれ先端寄りの位置に接着されている。薄板54a、54bの先端には第1の実施の形態と同様なレンズ枠17が固定され、レンズ枠17には対物レンズ18、光ファイバ先端部20が固定されている。

【0047】また、圧電素子53a、53bはケーブル19を介してX駆動回路32に、圧電素子55a、55bはケーブル19を介してY駆動回路33にそれぞれ接続されている。本実施の形態では、X方向とY方向にそれぞれ走査する走査手段を光プローブの長手方向に縦列(直列)接続した構成にしている。

【0048】次に本実施の形態の作用を説明する。X駆動回路32で圧電素子53a、53bを駆動し、焦点21をX方向22に移動させる。Y駆動回路33で圧電素子55a、55bを駆動し、焦点21をY方向23に移動させる。系の共振周波数で駆動して用いても良い。その他は第1の実施の形態と同様のため省略する。

【0049】本実施の形態は以下の効果を有する。第1の実施の形態と比べて、焦点21を移動させるための薄板X方向及びY方向で独立して設けるようにしているため、互いの動作に干渉することが無く、より大きく焦点

21を移動させることが可能である。その他は第1の実施の形態と同様の効果を有する。

【0050】(第2の実施の形態の変形例)次に第2の実施の形態の変形例を説明する。第2の実施の形態において、薄板52b、圧電素子53bを取り除いただけで他の構成、作用は同じ為、説明は省略する。本変形例は以下の効果を有する。

【0051】X方向の駆動を平行平板の両持ち構造から、片持ち構造にしたためより大きな変位が可能となり、広範囲の走査による広範囲の走査画像が得られる。また、X方向の共振周波数を低下させることができるので、X方向とY方向の共振周波数に差を持たせることができ、片方の走査がもう一方の走査に影響を与えることが少なくなる。

【0052】(第3の実施の形態)次に本発明の第3の実施の形態を図9を参照して説明する。図9は第3の実施の形態における光学ユニット11Cを示す。本実施の形態は第1の実施の形態において、薄板15a、15b、15c、15dが、図9に示すようにVないしはW形状にした薄板60a、60b、60c、60dに置き変わっただけで他の構成、作用は同様のため、説明は省略する。

【0053】本実施の形態は以下の効果を有する。第1の実施の形態よりも大きく焦点を移動させることが容易であり、走査範囲の広い画像を得ることが出来る。

【0054】(第4の実施の形態)次に本発明の第4の実施の形態を図10及び図11を参照して説明する。図10は第4の実施の形態における先端部の構成を示し、図11は光学ユニットを示す。本実施の形態は第1の実施の形態と先端部9の光学ユニット11Dのみ異なる(第1の実施の形態と同じ部分は同じ番号を記して説明は省略する)。本実施の形態においても、光学ユニット11Dが取り付けられる光学枠10はチューブ8に固定されている。

【0055】また、光学枠10には光学ユニットのベース71が固定されている。ベース71にはチューブ72の先端が接着されている。チューブの72の反対側の端部は図示しない空圧機器に接続されている。

【0056】また、光学枠10にはベース71の前方に配置された移動台73が摺動可能にベース71に取り付けられている。また、移動台73には気密のためのリング74が設けられている。そして、空圧機器からチューブ72を介して空気を注入(送気)したり、吸引することにより、この移動台73を符号85で示すように前後に移動できるようにしている。

【0057】移動台73付近の詳細を図11に示す。移動台73には円筒型の圧電素子75が設けられている。この円筒型の圧電素子75には4枚の電極76a、76b、76c、76dが周方向を4分割するように設けられ、さらに圧電素子75の内面にも電極76eが設けら

れている。また、それぞれの電極はケーブル19を介して制御部5と接続されている。

【0058】また、円筒型の圧電素子75の先端にはレンズ枠77が固定され、レンズ枠77には対物レンズ78と、光ファイバ先端部79が固定されている。また、光ファイバ6bは移動台73、ベース71と図10のように孔部で接触する部分で固定されている。また、光ファイバ6bはベース71と移動台73の間の空間80でループにする等遊びを持たせている。

【0059】また、光学枠10には4個所に緩衝ゴム81a、81b、81c、81dが設けられている(81b、81dは図示しない)。これらは、圧電素子75を駆動使用した際のストロークの限界値にきた時に、緩衝ゴム81iに当たるように構成されている。緩衝ゴム81iは圧電素子75の先端に対向する位置に設けてある。

【0060】次に本実施の形態の作用を説明する。X駆動回路32で、内面の電極76cをグランドに接続し、電極76b、76dに極性が逆の交流を印加すると円筒型の圧電素子75はX方向に首振り振動を行う。(電極76bの部分が伸びる時に、電極76dの部分が縮み、電極76dの部分が伸びる時に、電極76bの部分が縮むため)これによって焦点21はX方向82方向に振動する。

【0061】また、同様にY駆動回路33で内面の電極76cをグランドに接続し、電極76a、76cに電圧を印加することにより、円筒型の圧電素子75をY方向83に振動させ、焦点21をY方向83に振動させる。

【0062】系の共振周波数で駆動しても用いても良い。その他は第1の実施の形態と同様な走査を行わせる。また、図示しない空圧機器を用いてチューブ72を介して空間80の部分に空気を吸引したり注入したりすることにより、移動台73を光学枠10の軸方向85に移動させることができる。

【0063】これにともなう、焦点21を軸方向85のZ方向84に移動させることができる。これにより、焦点21をZ方向84に移動させることにより、深さの異なる面の画像を得ることができる。また、これらの機能を組み合わせることにより、プローブの軸に垂直な面のみでなく、プローブの軸に垂直な断面や、さらに斜め方向の断面を得ることもできる。

【0064】また、電圧を圧電素子75に加えすぎた場合や、プローブに衝撃が加わった場合でも、圧電素子75が緩衝ゴム81a、81b、81c、81dに当たって、衝撃を吸引するため、圧電素子75が壊れにくい。また、この緩衝ゴム81a、81b、81c、81dは圧電素子75側に設けても良い。

【0065】本実施の形態は以下の効果を有する。第1の実施の形態と比べて、走査手段の構成が簡単である。また、プローブの軸方向に焦点21を移動させる機能を

設けたので、様々な断面の画像を得ることができる。また、圧電素子 75 のストロークエンドに緩衝部材を設けたので、圧電素子 75 が壊れにくい。

【0066】(第5の実施の形態)次に本発明の第5の実施の形態を図12～図15を参照して説明する。図12は第5の実施の形態を備えた走査型顕微鏡の全体構成を示し、図13は第5の実施の形態の光プローブの先端部の構成を示し、図14は光学ユニットの構成を斜視図で示し、図15は走査機構を示す。なお、第1の実施の形態と異なる部分のみ記す。第1の実施の形態と同じ部分

は同じ番号を記してその説明は省略する。

【0067】図12に示す光走査型顕微鏡1Bは、第1の実施の形態と同様に、光源部2と、光伝達部3と光プローブ4と、制御部5とから構成される。光源部2は、レーザー発振装置で形成され、光伝達部3は、光伝送用ファイバ90a、90b、90c、90dと、これらを双方向に分岐する4端子カップラ91から構成される。ファイバ90a、90b、90c、90dは、偏波面を保存する偏波面保存ファイバである。

【0068】ファイバ90aは光源部2に、またファイバ90cは制御部5に接続されている。また、ファイバ90dは閉鎖されている。ファイバ90bは長尺になっており、光プローブ4のチューブ8の内部を通して、先端部9まで導かれている。

【0069】また、光源部2を構成するレーザー光源2aの前面には偏光板92が設置されている。また、光ファイバ90cで伝送された光は制御部5にも、偏光板93を介して入力される。偏光板92、93は互いに偏光面が直交するよう(クロスニコル状態)に配置されている。

【0070】図13は先端部9の構造を示す。この先端部9には光学棒10がチューブ8の先端に固定され、この光学棒10の内側に光学ユニット11Eが取り付けられている。図14は光学ユニット11Eを斜視図で示す。

【0071】光学棒10には光学ユニット11Eのベース95が固定されている。ベース95には4本の線状部材、より具体的には4本のワイヤ96a、96b、96c、96dの後端が接着固定されている。また、4本のワイヤ96iの先端には、レンズ棒97が固定されている。

【0072】このレンズ棒97にはボイスコイルとして機能する4つのコイル98a、98b、98c、98dが接着されている。より具体的には、レンズ棒97の上下、左右の方向にそれぞれコイル98a、98c、98b、98dが接着されている。

【0073】コイル98dは図示しないがコイル98bの向こう側の面にある。これらのコイルはケーブル19を介して制御部5に接続されている。

【0074】また、レンズ棒97には対物レンズ99が

固定されている。また、光学棒10には4組の永久磁石102a、102b、102c、102dが、それぞれ4つのコイル98a、98b、98c、98dに対向するように接着固定されている。この永久磁石部分の断面を図15に示す。このように永久磁石102iの極は構成されている。また、光学棒10には波長板ホルダ100が固定されており、さらに波長板ホルダ100には1/4波長板101が固定されている。

【0075】次に本実施の形態の作用を説明する。レーザー光は偏光板92によって特定の偏光面を持つ光のみを光ファイバ90aに伝達し、この光の一部が光ファイバ90bに伝えられる。また、これらのファイバは偏波面保存ファイバなので、偏光の向きが維持される。この光はファイバ10bの先端面103から出射される。

【0076】この光は対物レンズ99の集光機能によって、焦点104を結ぶ。この焦点104からの光は同じ光路を通して、光ファイバ90bの先端面113に入射されるが、1/4波長板101を2度通過することにより、ファイバから出射した光とは直交する偏光面を持つ光となっている。

【0077】この光は4端子カップラ91によって分岐され、光ファイバ90cを介して制御部5へ伝えられるが、偏光板93によって検出光の偏光方向が偏光板93の偏光方向と一致する光のみが透過できる。これによって、焦点104からの信号のみが検出され、光ファイバの先端面113などからの反射光は偏光面が合わないため、制御部5へ伝達されなくなる。

【0078】X駆動回路32で、コイル98a、98cに電流を流すことによって、磁界の中を電流が横切るため、電磁力、より具体的にはローレンツ力が作用するため、図13或いは図15で示す水平方向(X方向)105に力が働き、この力に伴ってワイヤ96a、96b、96c、96dが変形して、レンズ棒97が水平方向105に移動する。

【0079】また、これに伴って、焦点104も水平方向105に移動する。ここで、コイル98a、98cに交流を流すことによって、焦点104を水平方向105に振動させることができる。

【0080】このとき系の共振周波数で駆動しても良い。また、同様にY駆動回路33で、コイル102b、102dに電流を流し、焦点104を縦方向(Y方向)106に振動させる。その他は同様に第1の実施の形態で説明したような走査を行わせる。

【0081】本実施の形態は以下の効果を有する。第1の実施の形態と比べて、広範囲の走査手段を実現できる。また、偏光板を用いて焦点以外の光が検出されにくい構成にしたので、信号のみを感度良く検出でき、S/Nの良い、つまり画質の良い画像を得ることができる。

【0082】(第6の実施の形態)次に本発明の第6の実施の形態を備えた光プローブシステムを図16ないし

図23を参照して説明する。本システムは上述した各実施の形態で説明したように光ファイバの出射側端部と対物レンズとを一体的に固定し、かつ一体的に走査する光ファイバ&対物レンズ一体走査タイプの光プローブと、光ファイバのみを走査する光ファイバ走査タイプの光プローブとのいずれを使用しても、観察画像が得られるようにしたものである。

【0083】まずその背景を説明する。光ファイバ&対物レンズ一体走査タイプの光プローブでは開口数(N.A.)を大きくして分解能が高い画像を得ることができる10 メリットがある。これに対し、光ファイバ走査タイプの光プローブは光ファイバのみを走査すれば良いので、前者よりも走査速度を大きくすることができるメリットがある。一方、光ファイバ走査タイプは光ファイバを走査することにより、開口数が変化してしまうことになり、前者に比べて分解能は低下する。

【0084】従って、本実施の形態では、観察対象に応じてその場合に適した観察画像が得られるように走査タイプが異なる光プローブを選択使用できるシステムを提供することを目的とする。

【0085】具体的には、例えば心臓の付近の臓器を観察対象とする場合には、走査速度が大きい光ファイバ走査タイプのものを使用することにより、心臓の動きの影響の少ない(つまり、ブレの少ない)観察画像を得ることができる。また、心臓から離れた動きの少ない臓器を観察する場合には、光ファイバ&対物レンズ一体走査タイプの光プローブを使用して分解能が高い画像を得ることができる。

【0086】図16に示す光プローブシステム111は光ファイバ&対物レンズ一体走査タイプの光プローブ112Aと、光ファイバ走査タイプの光プローブ112Bと、これらの光プローブ112A、112Bの任意の一方が着脱自在に接続されることにより、前記光プローブ112I(I=A又はB)に光を供給し、光プローブ112Iからの光学情報を検出して電気信号として出力する光源ユニット113と、光プローブ112Iの光学ユニット(内のスキャナ)を駆動する制御装置114と、前記光源ユニット113からの信号から画像化する画像化処理を行う画像化装置115と、この画像化装置115からの映像信号を表示するモニタ116と、スキャナを駆動する駆動波形の基準となると共に、画像処理する際の基準ともなるクロックを発生させる外部クロック発生器117とを備えている。

【0087】光プローブ112Iは、その後端のコネクタ118の側部に設けた電気コネクタ118aが制御装置114のコネクタ119から延出された電気ケーブル120の端部のコネクタ121に着脱自在に接続される。

【0088】また、光プローブ112Iに内蔵した光フ

アイバ6b(図17、図19参照)はその後端が固定されたコネクタ118が光源ユニット113のコネクタ122に着脱自在に接続される。制御装置114は、信号線115bを介して画像化装置115と電氣的に接続されている。

【0089】画像化装置115には、光源ユニット113が信号線115aを介して電氣的に接続されている。画像化装置115には、モニタ116が信号線115dを介して電氣的に接続されている。また、画像化装置115には、外部クロック発生器117が信号線115cを介して電氣的に接続されている。

【0090】光源ユニット114は、光源としてのレーザダイオード(以下、「LD」と称す)123と、微弱な光信号を高感度で検出して増倍するフォトマルチプライア(以下、「PMT」と称す)ユニット124と、4端子カブラ125とを有する。また、光源ユニット114には、コネクタ118が接続されるコネクタ122、信号線115aが接続されるコネクタ126および駆動電源127、128の信号線127a、128aが接続されるコネクタ129が設けてある。

【0091】この光源ユニット113において、4端子カブラ125は、4つの端部125a、125b、125c、125dを有しており、端部125aは光ファイバ6bに光学的に接続され、端部125bはLD123に光学的に接続されている。また、端部125cは光ファイバ終端125hにより終端され、端部125dはPMTユニット124に光学的に接続されている。

【0092】端部125a、125bから入った光はその一部が分岐されて端部125c、125dに伝えられ、逆にまた、端部125c、125dから入った光はその一部が分岐されて、端部125a、125bに伝えられる構成になっている。

【0093】また、PMTユニット124は、信号線124bを介してコネクタ126に電氣的に接続されている。PMTユニット124は、信号線124c、124dが接続されたコネクタ129及び駆動信号線127a、128aを介して駆動電源127、128と電氣的に接続されている。

【0094】制御装置114においては、スキャナを2次元的に駆動するX駆動回路148及びY駆動回路149を内蔵した制御回路130と、接続された光プローブ112Iを識別(少なくとも判別)する識別回路(判別回路)131とを備えている。

【0095】制御回路130は信号線130aを介して信号線115bが接続されるコネクタ132に電氣的に接続されている。この制御回路130は、コネクタ132から信号線130aを介して入力されるクロック信号を取り込み、このクロック信号からスイッチSWの接点bを介して直接、或いは分周回路147で分周されたクロック信号をスイッチSWの接点aを介してX駆動回路



148及びY駆動回路149に入力して、クロック信号  
或いは分周されたクロック信号に同期したX駆動信号と  
Y駆動信号とを生成し、信号線130bを介してコネク  
タ119から光プローブ112I側に出力できるように  
なっている。

【0096】また、識別回路131は図17及び図19  
に示すように電気コネクタ118aに抵抗Rが接続され  
ているか否かにより、接続された光プローブ112Iが  
光プローブ112Aか112Bかの種類を識別して、識別  
信号を信号線131aを介して選択スイッチSWに印  
加し、接点a、bの選択を行う。

【0097】例えば、プローブ112Aと識別した場合  
には接点aがONするように設定され、プローブ112  
Bと識別した場合には接点bがONするように設定され  
る。接点bがONの場合には、フレームレート（毎秒得  
られる画像枚数）を30Hzに設定され、接点aがON  
するように設定された場合にはクロック信号は分周回路  
147で例えば1/6に分周され、この場合にはフレーム  
レートが5Hzに設定される。

【0098】つまり、プローブ112Bの場合には高速  
で2次元的に走査することにより動きのあるような検査  
部位でもブレの少ない画像が得られ、一方、プローブ1  
12Aの場合には低速で2次元的に走査し、この場合には  
高い解像度の画像が得られる。

【0099】画像化装置115は、画像化信号を生成す  
る装置であり、信号線115aが接続されたコネクタ1  
35と、信号線115b及び115cが接続されたコネク  
タ136と、信号線115dが接続されたコネクタ13  
4とを備えている。

【0100】画像化装置115は信号線115bを介し  
て制御装置114に電氣的に接続され、例えばクロック  
信号を制御装置114に伝達可能になっている。さら  
に、画像化装置115のコネクタ136には、信号線1  
15cを介して、スキャナを駆動する駆動波形の基準と  
なるクロック信号が入力される。

【0101】また、画像化装置115は、信号線115  
a等を介して光源ユニット113のPMTユニット12  
4が電氣的に接続され、PMTユニット124の出力信  
号から映像信号を生成する。次に図17及び図18を参  
照して光プローブ112Aの構成を説明する。

【0102】図17に示すように光プローブ112A  
は、可撓性のチューブ8の先端を円環形状で硬質の光学  
枠10に固着して先端部9を形成し、この光学枠10の  
内側に光の2次元走査を行う光学ユニット11Gと、光  
学枠10の先端に被検部に押し当てる透明窓部材として  
の（透明で硬質の）先端カバーユニット12とを取り付  
けている。

【0103】チューブ8内に挿通された細長の光ファイ  
バ6bはその後端がコネクタ118の中心孔に通して固  
定され、また、光ファイバ6bの先端側は光学ユニット

11Gを形成する硬質のベース14の中心に沿って形成  
した孔に挿通して（例えばその後端の位置で）接着剤2  
7で固定されている。

【0104】この光ファイバ6bは伝送した光をその先  
端部（末端部）20から出射し、その出射される光は、  
光走査機構（スキャナ）を介して検査対象となる被検部  
側に集光して照射されると共に、被検部側からの反射光  
を（戻り光）を受光する。図17の断面図で示す光学ユ  
ニット11G部分を図18では斜視図で詳細に示す。こ  
の光学ユニット11Gは以下の構成となっている。

【0105】図17に示す光プローブ112Aはその先  
端に光学ユニット11Gを有する。光学枠10には光学  
ユニット11Gのベース14が固定されている。ベース  
14は容易に動かないように後述するレンズホルダ17  
や対物レンズ18よりも重量が重くなるように構成され  
ている。ベース14の中心の孔には光ファイバ6bの先  
端側が挿通され、ベース14の後端で光ファイバ6bの  
先端寄りの一部が固定されている。

【0106】またベース14には2組の平行な薄板15  
a、15b、15c、15dの後端側が固定されてい  
る。つまり、平行な板バネを構成する薄板15a及び1  
5cと、薄板15b及び15dとはそれぞれ板面が平行  
で、一方の薄板15a（或いは15c）と他方の薄板1  
5b（或いは15d）とは板面が直交するように配置さ  
れ、各後端部がベース14に固定され、（後端部対し  
て）先端側が上下方向及び左右方向に弾性的に変形自在  
にしている。

【0107】さらに各薄板15i（i=a～d）にはそ  
れぞれ厚み方向に分極された板状の圧電素子16i（1  
6dは図示しない）が各薄板15iの前寄りの位置に装  
着されている。圧電素子16iはユニモルフタイプの圧  
電素子を用いている。各圧電素子16iの両面の電極は  
その圧電素子16iを駆動するための2本のケーブル1  
9がそれぞれ接続されており、それらケーブル19はベ  
ース14の上下、左右付近に設けた挿通孔14aに通さ  
れ、その後端付近で接着剤28で固定された後、チュー  
ブ8の内部を通して電気コネクタ118aの接点に至  
る。そして、制御回路130に接続されるようになって  
いる。

【0108】4枚の薄板15iの先端にレンズホルダ1  
7が接着固定されており、このレンズホルダ17には集  
光光学系としての対物レンズ18と、光伝達手段として  
の光ファイバ6bの先端部、つまり光ファイバ先端部2  
0とが固定されている。このレンズホルダ17は対物レ  
ンズ18を取り付ける枠部と、この枠部から後方側に円  
錐（コーン）形状の延出枠部を延出して、対物レンズ1  
8の光軸O上に位置する延出枠部の頂点部分に設けた小  
さな孔に光ファイバ先端部20を圧入する等して固定し  
ている（対物レンズ18の光軸O上に光ファイバ先端部  
（光ファイバ末端部）20が配置されている）。



【0109】そして、圧電素子16iに駆動信号を印加することにより、板状の圧電素子16iと薄板15iの組合せは、その後端側に対して先端側を板面に垂直方向に曲がるように変形させて、その先端に保持されたレンズホルダ17もその変形により曲げられた方向に移動できるようにして、このレンズホルダ17で保持された光ファイバ先端部20と対物レンズ18とを共に移動して、出射される光を走査できるようにしている。この際、極く細い光ファイバ先端部20を焦点とするようにして拡開して出射された光を対物レンズ18で集光し、被検部側の焦点21の位置でフォーカスするような光を出射する。

【0110】また、上記圧電素子16a、16b、16c、16dでの駆動により、焦点21を図17の水平方向(X方向)22と縦方向(Y方向)23に走査して焦点21を含む走査面24を走査できるようにしている。この走査面24は光プローブ112Aの軸方向に対して略垂直な平面となる。なお、対物レンズ18は例えば開口数が0.3以上のものが採用される。

【0111】なお、図17から分かるようにベース1420の中心の孔に挿通して固定された光ファイバ6bに対し、圧電素子16a、16b、16c、16dを駆動するケーブル19は中心から偏心した上下、左右の挿通孔14aを挿通して、両者の間をベース14により離間させる離間部或いは隔壁部14を形成している。そして、その先端側では各ケーブル19が光ファイバ6bと接触しないようにしている。

【0112】一方、先端カバーユニット12はカバーホルダ25とこのカバーホルダ25に固定されたカバーガラス26からなり、カバーホルダ25は光学枠10の先端部に固定されている。また、これらの構造によりプローブ先端部9は密閉されている。

【0113】図19はファイバ走査タイプの光プローブ112Bの構造を示す。この光プローブ112Bは図17の光プローブ112Aの光学ユニット11Gと異なる光学ユニット11Hが採用されている。

【0114】図17の光学ユニット11Gでは可動される薄板15iの先端にレンズホルダ17を介して対物レンズ18を取り付けていたが、この光学ユニット11Hでは対物レンズ18を光学枠10側に取付けて可動させない構造にし、光ファイバ6b側のみを可動させる構造にしている。

【0115】図19に示すようにこの光プローブ112Bでは、その先端部9に設けた光学ユニット11Hでは、カバーガラス26の近傍の内側にリング状のレンズホルダ17'により対物レンズ18が光学枠10に固定されている。

【0116】また、対物レンズ18の光軸Oに沿うようにベース14の後端で接着剤27で接着され、ベース14から前方に延出された光ファイバ6bの先端部20は

ファイバホルダ29の中心孔に圧入されて固定されている。このファイバホルダ29の四角形状の外表面は図17のレンズホルダ17の場合と同様に薄板15iの先端に固着されている。

【0117】また、図17の光プローブ112Aでは電気コネクタ118aに抵抗Rを接続しているが、この光プローブ112Bでは抵抗が接続されていないで、解放状態である。

【0118】その他の構成は図17と同様であり、同一の構成要素には同じ符号を付け、その説明を省略する。

【0119】図20は光源ユニット113の構成を示す。光源ユニット113は、LD123と、PMTユニット124とを有し、PMTユニット124は、コネクタ151と、フォトマルチプライアチューブ(PMT)152と、ヘッドアンプ153とから構成されている。PMT152は、光信号を電気信号に変換する素子であり、変換した電気信号をヘッドアンプ153に出力する。ヘッドアンプ153は、PMT152からの電気信号を増幅してコネクタ126に出力する。

【0120】このような光源ユニット113において、LD123で発生するレーザ光は、図16に示すように、端部125b、カプラ125、端部125a、コネクタ122を介して光プローブ112Iへ伝送され、光プローブ112I内のスキャナにて被検体を光走査する。

【0121】光プローブ112I内のスキャナ機構にて走査し、被検体から反射する光信号は、光ファイバ6b、コネクタ122、端部125a、カプラ125、端部125dおよびコネクタ151を介して、PMT152に伝送される。PMT152は、この光信号を電気信号に光電変換し、その光電変換された電気信号をヘッドアンプ153へ伝送し、ヘッドアンプ153は、入力された信号を増幅する。この増幅された電気信号は、信号線124b、コネクタ126、信号線115a、コネクタ135を介して画像化装置115に与えられる。

【0122】なお、信号線115aは複線になっており、そのうち信号線115a-1を介して上記電気信号を伝送し、一方、信号線115a-2及び信号線124c-2を介してPMT152の感度を制御する制御信号を画像化装置115から伝送する。

【0123】画像化装置115の構成について、図21を参照して説明する。画像化装置115は、A/D変換を行うA/Dコンバータ140と、画像化の信号を1フレーム分記憶するフレームメモリ141と、画像化の信号等を一時的に記憶する等に使用されるメインメモリ142と、画像化の制御動作を行うCPU143と、信号の入出力に使用されるI/Oポート144と、CPU143の動作プログラム等を格納するハードディスク装置150とを有し、A/Dコンバータ140以外はアドレスバス145とデータバス146を介して相互に接続さ

れている。

【0124】また、外部クロック発生器117からのクロック信号がI/Oポート144等のクロック信号を必要とする各部に印加され、かつこのクロック信号は信号線115bを介して制御装置114側にも供給され、上述したようにスキャナ機構に対する駆動信号の生成に用いられる。そして、X駆動回路148とY駆動回路149の各駆動信号はスキャナ機構を構成する圧電素子16b、16dと16a、16cに印加され、圧電素子16b、16dをX方向に、圧電素子16a、16cをY方向に振動させ、振動方向に光を走査させることになる。

【0125】この画像化装置115の動作を説明する。画像化装置115に入力されるクロック信号は、制御装置114側に送られ、X駆動回路148とY駆動回路149それぞれで生成されたX駆動信号及びY駆動信号は光プローブ112Iのスキャナに印加し、スキャナから出射される光を被検体側にX、Y方向に2次的に走査する。その戻り光は光ファイバ6bの先端面で受光され、光源ユニット113のPMTユニット124を経て画像化装置115のA/Dコンバータ140に入力される。

【0126】A/Dコンバータ140は、信号線140aを介して入力される電気信号をA/D変換してデジタル信号を出力する。このデジタル信号はフレームメモリ141にデータとして1ラインごとに次々に格納される。

【0127】フレームメモリ141に格納されたデータは、CPU143によりI/Oポート144を介してメインメモリ142に書き込まれる。すなわち、図21に示すように、CPU143は、制御線143a、I/Oポート144、制御線144aを介してフレームメモリ141に対し、アドレスバス145の経路を介してデータのアドレスを指定する。

【0128】そして指定されたアドレスのデータを、I/Oポート144およびデータバス146の経路でメインメモリ142に格納するよう制御する。一方、メインメモリ142に格納されたデータの読み出しは、CPU143によりアドレスバス145を介して指定されたアドレスのデータがデータバス146を介してI/Oポート144に転送されるよう、制御線143aを介して制御する。

【0129】そして、I/Oポート144内の図示しないDAコンバータでアナログ信号に変換されて映像信号となり、信号線144aを介してモニタ116へ送られ画像表示される。

【0130】なお、フレームメモリ141へのデータ格納と、フレームメモリ141からのデータを読み出しとは、並行して実行される。また、CPU143は、上記データの転送以外の、画像化装置115内の制御および演算処理を行う。

【0131】なお、スキャナの2次元走査のうち、X方向の走査は、周波数が数kHz程度の正弦波による共振駆動にて行う。一方、Y方向の走査は、周波数が数Hz～数10Hz程度で駆動する。より具体的には、光プローブ112Bの場合には、Y方向の走査の周波数が30Hzで標準のテレビ信号のフレームレートと互換性のある周波数となるように設定され、これに対し光プローブ112Aの場合はY方向の走査の周波数が例えば5Hz程度にしている。このような構成の光プローブシステム111の動作を以下に説明する。

【0132】心臓の付近の臓器等を観察するような場合には、光プローブ112Bを光源ユニット113及び制御装置114に接続する。一方、心臓から離れた部分のように動きの少ない臓器等を観察する場合には、光プローブ112Aを接続する。すると、接続された光プローブ112Iが識別回路131で識別され、X駆動回路148及びY駆動回路149には識別された光プローブ112Iに適した周波数の外部クロックが入力され、そのクロックに同期してX駆動信号とY駆動信号とを生成する。

【0133】例えば、光プローブ112Bの場合には、光プローブ112Aの場合よりも高い周波数のX駆動信号とY駆動信号とに設定され、動きの影響の少ない画像が得られるようにする。これに対し、光プローブ112Aの場合には、光プローブ112Bの場合よりも低い周波数のX駆動信号とY駆動信号で駆動され、この場合画像化装置115側では光プローブ112Bの場合と同じクロックで画像化を行うので、高い解像度の画像が得られるようになる。続いてプローブ先端部9を、検査したい部分に押し当てる。このとき被検部は先端部9で固定されているため画像ぶれが少なくなる。

【0134】図22は粘膜30に押しつける等して観察する様子を示す。図22(A)は粘膜30の面に対し、光プローブ112Iの軸方向を垂直にして観察する様子を示し、これに対し、図22(B)は光プローブ112Iの先端面を押しつけて観察する様子を示す。

【0135】図22(B)の場合には、光プローブ112Iの先端面を粘膜30に押しつけることにより、押しつけられた部分の粘膜30が伸びてその部分の粘膜30が薄くなり、相対的に粘膜30の深部側に焦点21(による観察面Sf(或いは走査面24))が設定され、深部側をを観察できる状態になる。つまり、被検部に押しつける強さを調節することにより、観察する深さを調整できる。

【0136】また、図22(C)及び(D)は図22(A)、(B)の場合における光プローブ112Iの軸方向を粘膜30の面と垂直な方向から、垂直な方向と異なる傾けて観察した様子を示す。押しつける方向の角度を調整することにより、観察面Sfの角度を調整することができる。

【0137】続いて、光プローブ112Iの光ファイバ6bにレーザ光が入射され、光学ユニット11G或いは11Hのスキヤナで光走査を行う動作を説明する。

【0138】この光ファイバ6bの後端に入射されたレーザ光は光ファイバ先端部20を焦点とするようにして拡開して出射した後に、対物レンズ18によって集光され、カバーガラス22を透過した後に被検部で焦点21を結ぶ。

【0139】また焦点21からの反射光は入射光と同じ光路を通り、再びファイバ先端部20で光ファイバ6bに入射される。つまり、光ファイバ先端部20と被検部の焦点21とは対物レンズ18の共焦点の関係にある。この焦点21以外からの反射光は、入射光と同じ光路を通ることができず、したがって光ファイバ先端部20のファイバに殆ど入射されない。従って光プローブ112Iは共焦点光学系を形成する。

【0140】また、この状態でX駆動回路148によって圧電素子16b、16dを駆動させる。ここで、圧電素子16iの動作を説明する。これらの圧電素子16iに電圧を加えると、その厚みが変化する。圧電素子16iに正の電圧を加えると厚みが厚くなるように変形し、これに伴って圧電素子16iは長さ方向には縮む。この時、圧電素子16iは長さが変わらない薄板15iに接着されているため、全体として圧電素子16i側に曲がるように変形するようになっている。

【0141】逆に圧電素子16iに負の電圧を加えると厚みが薄くなるように変形し、これに伴って圧電素子16iは長さ方向には伸びる。ここで、圧電素子16iは長さが変わらない薄板15iに接着されているため、全体として薄板15i側に曲がるようになっている。ここで、向かい合った2つの圧電素子16b、16dに一方は圧電素子側に、もう一方は薄板側に変形するように極性が逆の駆動信号を印加すると、これらは水平方向22の同一方向に変形する。

【0142】光プローブ112Aの場合には、圧電素子16b、16dに極性が逆の交流を加えると、レンズホルダ17が振動し、これによって対物レンズ18と光ファイバ先端部20も移動して、レーザ光の焦点21の位置は走査面24のX方向22（図17で紙面に垂直方向）に走査される。

【0143】図19に示す光プローブ112Bの場合には対物レンズ18は固定されており、光ファイバ先端部20側のみが移動して、レーザ光の焦点21の位置は走査面24のX方向22（図19で紙面に垂直方向）に走査される。

【0144】これらの場合、その系の共振周波数で駆動すると大きな変位が得られる。また、X駆動と同様に、Y駆動回路149によってレーザ光の焦点21の位置は走査面24のY方向23に走査される。

【0145】ここでY方向の振動の周波数を、X方向の

走査の周波数よりも充分に遅くすることによって、焦点は図23のように走査面24を水平方向に高速で振動しながら上から下方向（Y方向）に順に走査する。これにともなう、この走査面24の各点の反射光が光ファイバ6bによって伝えられる。

【0146】光ファイバ6bの先端部20に被検部側から入射された光は、光源ユニット113のカプラ125を経てPMTユニット124に導かれ、光の強度に応じた電気信号に変換された後、画像化装置115に入力される。

【0147】画像化装置115では、X駆動回路148、Y駆動回路149の駆動波形をクロックにより判断して、焦点位置がどこのときの信号出力であるかを計算し、さらにこの点における反射光の強さを計算し、これらを繰り返すことによって走査面24の反射光を画像化し、画像化装置115内のフレームメモリ141に画像データとして一時格納し、この画像データを同期信号に同期して読み出し、モニタ116に走査面24を走査した場合の焦点位置の2次元反射光強度の画像を表示する。また、必要に応じて画像データをハードディスク装置150に記録する。

【0148】本実施の形態によれば、観察対象に応じて、分解能が高い光プローブ112Aと、走査スピードが大きい光プローブ112Bを使い分けて使用できる。従来では、このような使い分けができなかった。

【0149】本実施の形態では図23に示すように走査面を走査するが、圧電素子16iでは同じ値の駆動信号でも往路と復路とは異なる変位量となるヒステリシス特性を示すので、このヒステリシス特性による画像の劣化を解消するため、往路或いは復路の一方のみでサンプリングを行うようにしている。

【0150】図23で符号a→b→c→d→e→f…n→o→p→o→n…d→c→b→aと走査した場合、従来は各走査の途中でサンプリングしたデータを画像化していたが、本実施の形態ではa→b、c→d、e→f、…、m→n、o→pの場合での走査の際にサンプリングしてそのデータを画像化するようにしている。このように一方の向きに傾動走査する場合でのみ、サンプリングすることにより、簡単な構成でヒステリシス特性の影響のない画像を得られるようにしている。

【0151】本システム111によれば、光ファイバ&対物レンズ一体走査タイプの光プローブ112Aと、光ファイバ走査タイプの光プローブ112Bとのいずれも使用でき、観察対象に応じてその観察に適した観察画像が得られる。

【0152】なお、上述の説明では2つのタイプの光プローブ112A、112Bの走査タイプの種類を使い分けて使用する例で説明したが、同じタイプの光プローブ112A（或いは、112B）でも、プローブの径、スキヤナのサイズを変える等して、それぞれ異なる共振周

波数でスキヤナを駆動するようにすることもできる。つまり走査タイプは同じでも、使用する用途に応じた種類のものを用意し、識別回路131でその種類を識別して、その識別した種類の光プローブに対し、それに内蔵されたスキヤナを共振周波数で駆動するようにしても良い。また、画像化装置115側でも、識別回路131による識別信号を受けて、その場合に適した画像化の処理を行うようにしても良い。

【0153】次に第6の実施の形態の変形例を説明する。本変形例は第6の実施の形態と同様な構成であって、従来は図54に示すように、X方向は非線形である正弦波(図54(a)参照)で駆動するため、等間隔パルス(図54(b)参照)を基準にA/Dコンバータでサンプリングすると、図54(a)のX軸のように、X方向の中央部付近は粗く、端部へ行くに従って細かくサンプリングされることになり、モニタで画像化した場合、図54(c)のように、中央部分が広がり、端部へ行くにしたがってつぶれ、歪んだ画像となってしまう。

【0154】そこで、本変形例では、図24(b)に示すサンプリングパルスにより画像化した際にX方向の各画素が等間隔になるように(図24(a)参照)、非等間隔パルスによってサンプリングして、図24(c)のような歪みのない画像とする。

【0155】このために、まず、あらかじめ画像化装置115内のハードディスク装置150に、X方向の波形データと共に非等間隔パルス波形を、時間軸を基準とした同一のファイルとして作成、保存しておく。ただしこのとき、共振駆動するため、図24(a)のように、駆動波形Aに対し、実際のX方向の走査位置Bは90°位相が遅れるので、あらかじめ駆動波形に対して非等間隔パルス波形を90°遅らせて作成、保存しておく。また、本変形例の場合、X方向の画像は正弦波の立上り時のみ表示することとする。

【0156】非等間隔パルスのパルス数 $p$ は、X方向周波数を $f_x$ 、外部クロック発生器117のクロック周波数を $f_{clk}$ とすると、 $p = f_{clk} / f_x$ である。また、非等間隔パルスは、任意の時間を $t$ 、任意のX方向の走査位置を $X$ 、X方向の画素数を $X_{max}$ とすると、 $t = (p / 2\pi) \times \arccos(1 - 2X / (X_{max} - 1))$ が成り立つ。この式に、 $X$ を0から $X_{max} - 1$ まで1ずつインクリメントしたときの各時間 $t$ の値で非等間隔パルスの間隔を設定し、非等間隔パルス波形を作成する。

【0157】このように、駆動波形Aによってスキヤナを駆動し、なおかつ非等間隔パルスによってサンプリングすることで、画像歪みがなく、なおかつ共振駆動による位相ずれのない画像が得られる。

【0158】また、第2の変形例によるライン補間の方法を、図25を用いて説明する。本変形例も第6の実施の形態の構成で説明する。図21に示すA/Dコンバータ140によってA/D変換されたデータは、1ライン

ごとに次々とフレームメモリ141に蓄積されていく。蓄積されたデータを、CPU143によってすべて読み出すのではなく、例えば2ラインにつき1ラインの割合で間引いて読み出す。間引いて読み出されたデータは、I/Oポート144、データバス146を介してメインメモリ142に書き込まれる。書き込まれたデータはCPU143によりメインメモリ142から読み出される。

【0159】このとき、上記で間引かれた回数だけ同じラインを複数回読み出し、I/Oポート144を介して、モニタ116へ画像として出力される。

【0160】以上のラインを間引いて、複数回同じラインを表示する流れを、図25のフローチャートを用いて説明する。まず、ステップS1でX方向の表示画素数 $X_{max}$ 、Y方向の表示ライン数 $Y_{max}$ をあらかじめ画像化装置115内のハードディスク装置150内に記憶しておく。次に、ステップS2で間引かれるライン数の割合、および何倍にコピーされるかの倍数 $k$ を設定する。そして、ステップS3においてスキヤンを開始し、ステップS4でライン補間処理、すなわちラインの間引きおよびコピー処理を含むスキヤニングを実行し、ステップS5でスキヤンを終了しない限り実行し続ける。

【0161】このステップS4におけるライン補間を含むスキヤニングの流れを、図26のフローチャートを参照して説明する。まず、ステップS11で表示される画像のライン数を表すインデックス $i$ を $i = 0$ に初期化する。つぎに、ステップS12でインデックス $i$ が $Y_{max}$ 未満( $i < Y_{max}$ )かどうか判断する。この判断が真であれば、ステップS13でコピーされるライン数を表すインデックス $j$ を $j = 0$ に初期化する。次にステップS14で $i$ ライン目のデータをフレームメモリ41から読み出し、ステップS15でメインメモリ42に書き込むよう、CPU143が制御する。次に、ステップS16でインデックス $j$ が $j < k$ かどうか判断する。この判断が真であれば、ステップS17でメインメモリ42に書き込まれた $i$ ライン目のデータを読み出し、これをステップS18で $i + j$ ライン目のデータとして、I/Oポート144を介してモニタ116に表示して、ステップS19でインデックス $j$ をインクリメントし、上記のステップS14に戻り、ステップS16での $j < k$ かどうかの判断し、コピーされるラインをすべて表示し終えるまで繰り返す。

【0162】ステップS16において $j < k$ が偽、すなわち、 $i$ ライン目のデータを $k$ で設定した分だけコピーして表示し終えたら、ステップS20で $i \leftarrow i + k$ により $i$ に $i + k$ を格納して、 $i < Y_{max}$ かどうかの判断に戻り、 $i + k$ ライン目のデータ、およびそのデータをコピーしたデータを表示することを繰り返す。

【0163】ステップS12において $i < Y_{max}$ かどうかの判断が偽、すなわち1フレーム分のデータを表示し

終えたら、本サブルーチンを終了し、スキヤンを終了するかどうかの判断をし、終了しない限り、次のフレームの画像を、上記の流れによって上書きすることを繰り返す。このようにして、フレームメモリ 141 に格納されている全データを表示するのではなく、間引いた後、間引かれた分だけコピーして表示する。

【0164】本変形例によれば、非等間隔パルスによるサンプリングすることにより、画像歪みがなく、また共振駆動による位相ずれのない画像が得られる。

【0165】(第7の実施の形態) 次に図 27 及び図 28 を参照して本発明の第7の実施の形態を説明する。本実施の形態は組立が簡単にできて低コスト化が可能で、しかも共振による干渉の影響を軽減できる光プローブを提供することを目的とする。

【0166】図 27 (A) は組立前の駆動ユニット 161 及びこの駆動ユニット 161 の後端に取り付けられる支持部材 162 とを分解して示す。この駆動ユニット 161 はステンレス板 (SUS 板) 等の 1 枚のバネ板材により長方形の底板部 163 a と側板部 163 b とが後端側の小さい連結部 163 c で連結して形成されるよう

にスリット 163 d を設けている。  
【0167】この底板部 163 a と側板部 163 b とには長方形の薄板状のユニモルフの圧電素子 164 a 及び 164 b とがそれぞれ貼着される。なお、一方の板部、例えば底板部 163 a は側板部 163 b よりも先端側が長く形成され、先端部の外面部分が図 27 (C) に示すように先端枠 165 に接着剤等で固定できるようにしている。

【0168】図 27 (A) に示すバネ板材は連結部 163 c で直角に折り曲げられ、そして、その後端部分の内側の直角にされた 2 面が直方体形状で光ファイバ 166 を通す孔が設けられた支持部材 162 に接着剤等で固定される。

【0169】その後、図 27 (B) に示すように折り曲げられたバネ材の先端の 2 面に、図 27 (C) に示す対物レンズ 166 及び光ファイバ 167 の先端が固定されたレンズホルダ 168 a が接着剤等で固定され、さらに圧電素子 164 a 及び 164 b に駆動信号を印加する信号線 169 等 (図 27 (C) 参照) を接続して 2 次元的な走査を行うスカナ 170 A が図 28 のように形成される。なお、図 28 では信号線 169 を示していない。

【0170】スカナ 170 A はチューブ 171 の先端開口に取り付けた硬質の先端枠 165 にその底板部 163 a の先端外面が固定され、図 27 (C) に示すように光ファイバ & 対物レンズ一体走査タイプの光プローブ 173 A が形成される。なお、先端枠 165 の開口はカバーガラス 172 で閉塞されている。

【0171】そして、信号線 169 により圧電素子 164 b には X 方向に駆動する駆動信号を印加し、他方の圧電素子 164 a には Y 方向に駆動する駆動信号を印加す

ることにより、光ファイバ 167 の先端と対物レンズ 166 とを一体的に X 及び Y 方向に振動させて光を 2 次元的に走査することができるようにしている。

【0172】この光プローブ 173 A は 1 枚のバネ板材に 2 つの圧電素子 164 a 及び 164 b を貼着して、折り曲げる等して簡単に製造することができる。また、この光プローブ 173 A では X 及び Y 方向にそれぞれ 1 つの圧電素子 164 b 及び 164 a で振動して走査できるので、対にした 2 つの圧電素子で行う場合よりも簡単な構成で組立が簡単にでき、低コスト化することができるし、軽量化することもできる。

【0173】また、それぞれ対の圧電素子で 2 次元的に振動させるスカナの場合に比べ、一方の振動による走査の影響が他方の振動による走査に影響を及ぼすことを軽減できる。なお、支持部材 162 は、バネ板材の先端側と後端側とでねじれ等が発生するのを防止する機能を持つ。つまり、この支持部材 162 を用いないと、バネ板材の先端側と後端側とでねじれが発生する可能性があるが、支持部材 162 によりそのねじれの発生を有効に防止できる。

【0174】なお、上述の説明では、駆動ユニット 161 ではバネ板材の一方の面に板状の圧電素子 164 a、164 b を、長手方向に直交する方向に隣接して貼着してユニモルフの圧電アクチュエータを構成するいたが、図 27 (D) に示す駆動ユニット 161' のように、バネ板材の他方の面にも板状の圧電素子 164 a'、164 b' をそれぞれ貼着してバイモルフの圧電アクチュエータを構成しても良い。圧電素子 164 a' と 164 b' はそれぞれ圧電素子 164 a と 164 b と同じ形状である。なお、図 27 (D) は例えば図 27 (A) の右側から見たような図で示している。

【0175】また、駆動ユニット 161 と 161' とを組み合わせた駆動ユニットを採用しても良い。例えば、低速駆動側をユニモルフの圧電アクチュエータとし、高速駆動側をバイモルフの圧電アクチュエータとしても良い。

【0176】図 27 (A) の駆動ユニット 161 及び支持部材 162 を用いて図 27 (C) に示す光ファイバ & 対物レンズ一体走査タイプの光プローブ 173 A を組み立てる場合を説明したが、駆動ユニット 161 及び支持部材 162 を用いて以下に説明するように光ファイバ走査タイプの光プローブ 173 B を組み立てることもできる。

【0177】図 29 は光ファイバ走査タイプの場合のスカナ 170 B を示す。図 28 のスカナ 170 A では直角に折り曲げられた底板部 163 a と側板部 163 b に対物レンズ 166 と光ファイバ 167 の先端とを固定したレンズホルダ 168 a を取り付けしたが、図 29 に示すスカナ 170 B では底板部 163 a と側板部 163 b の先端側に光ファイバ 167 の先端を固定したファイ

バホルダ168bを取り付けるようにしている。

【0178】そして、図30に示すように対物レンズ166は光ファイバ167の先端面の前方側でカバーガラス172が固定される先端枠165で固定するようにしてこの図30に示す光プローブ173Bが形成される。

【0179】この場合には、2つの圧電素子164a、164bに駆動信号を印加すると、ファイバホルダ168bと共に光ファイバ167の先端が2次的に振動されることになる。この光プローブ170Bも上述の光プローブ170Aの場合と同様の効果を有する。

【0180】図31は図27(A)の第1変形例のパネ板材等を示す。図27(A)では底板部163aが側板部163bより長くしていたが、図31では底板部163aと側板部163bとの長さが同じで、貼着される圧電素子164a及び164bの長さを異なるようにしている。

【0181】図31の場合には、圧電素子164aの長さを圧電素子164bより短くし、かつ信号線169を先端側に接続している。この変形例によれば、圧電素子164a及び164bの一方を共振的に振動させても他方の圧電素子側はその共振周波数と異なる周波数に共振点を持つため、一方の振動により他方が干渉を受けることを防止できる。

【0182】図31では同じ長さの底板部163a及び側板部163bに長さが異なる圧電素子164a及び164bを貼着したが、図32に示す第2変形例のように長さが異なる底板部163a及び側板部163bに長さが異なる圧電素子164a及び164bを貼着しても図31の場合と同様に効果を有するようにできる。

【0183】図33は第3変形例のパネ板材等を示す。図27(A)では先端側から切り欠いてスリット部163dを形成したが、図33(A)ではさらに後端側からも切り欠いて前記スリット部163dに隣接したスリット部163eを形成したものである。

【0184】そして、図33(A)のパネ板材は直角に折り曲げられて図33(B)のようにされる。なお、図33(B)は図33(A)のパネ板材は直角に折り曲げた場合、その後端側、つまり左側から見た図である。図33(B)の折り曲げられたパネ板材の先端には例えば図34に示すように光ファイバ167の先端を固定したファイバホルダ175bが取り付けられてスキャナ176Bが形成される。また、折り曲げられたパネ板材の一方(つまり底板部164a)の後端はベース部材177の前端面に接着剤178aで固定される。

【0185】また、光ファイバ167の先端面のすぐ前には対物レンズ166が先端カバー179に取り付けられている。この先端カバー179には対物レンズ166の前の開口にカバーガラス172が取り付けられている。また、この先端カバー179には硬質の先端筒180の前端に固定され、この先端筒180の後端はベース

部材177に固定されている。また、このベース部材177に、可撓性のチューブ171の先端が固着されている。

【0186】また、先端がファイバホルダ175bで固定された光ファイバ167はベース部材177の貫通孔を挿通されて後端側に延出されるが、遊びを持たせた状態で貫通孔部分で接着剤178bで固着されている。

【0187】また、圧電素子164a、164bに接続された信号線169もベース部材177の貫通孔を挿通されて後端側に延出されるが、遊びを持たせた状態で貫通孔部分で接着剤178c、178dでそれぞれ固着されて光ファイバ走査タイプの光プローブ181Bが形成されている。

【0188】なお、図34では光ファイバ走査タイプの光プローブ181Bを示したが、ファイバホルダ175bの代わりに対物レンズ166と光ファイバ167の先端とを固定したレンズホルダを用いることにより、光ファイバ&対物レンズ一体走査タイプの光プローブを形成できる。本変形例も図27で説明したものとほぼ同様の効果を有する。

【0189】(第8の実施の形態)次に本発明の第8の実施の形態を図35を参照して説明する。本実施の形態は簡単な構成で垂直断層像を得ることができる光プローブを提供することを目的としたものである。

【0190】一般に、光プローブにより深さ方向の断層像を得るには、深さ方向にスキャナを駆動する必要があるが、対物レンズと光ファイバを一体的に2次元走査するスキャナでは、さらに深さ方向に駆動するには、スキャナの構成がきわめて複雑となり、その組立も困難になるので、以下に説明するように簡単な構成で深さ方向の成分を持つ断層像を得られるようにする。

【0191】図35に示す光プローブ201Aは例えば図17の光プローブ112Aにおいて、光ファイバ6bの射出端20の前に光路を直交する側方に変更するプリズム202を配置し、このプリズム202により長手方向に出射される光を直角方向に反射して側方に導き、さらに側面方向に対向配置した対物レンズ203で集光し、透明のカバーガラス204を経て側方に出射するようにしている。

【0192】このため、本実施の形態では、光プローブ201Aの外套チューブとなる可撓性のチューブ205は先端が閉塞され、側方に開口するものが採用され、また、このチューブ205の先端内側には側方に開口する部分にカバーガラス204を取り付けた硬質の光学枠206を配置して先端部207を形成している。

【0193】光学枠206の後端内側にベース部材208が固着され、このベース部材208の中心孔を貫通した光ファイバ6bの先端はファイバホルダ209の中心孔に圧入等で固着され、このファイバホルダ209の上下、左右の4面は薄板210a、210c、210b、

210d (210dは図示していない)で保持されている。

【0194】薄板210a、210c、210b、210dの後端はベース部材208で保持され、先端側の外面にはそれぞれ圧電素子211a、211b、211c、211d (211b、211dは図示していない)が貼着されている。

【0195】また、ファイバホルダ209の前面にはプリズム202が接着等で固定され、光ファイバ6bの先端部20から出射される光を斜面で直角方向に全反射し、対向する対物レンズ203に入射されるようにしている。

【0196】この対物レンズ203は薄板210cの先端側に設けた開口に接着剤等で取り付けられており、対物レンズ203に対向する光学枠206の開口及びチューブ205の開口に取り付けたカバーガラス204を経て側方に出射され、焦点215で収束する。

【0197】対となる圧電素子211b、211dはX駆動回路からの駆動信号が印加され、対となる圧電素子211a、211cはY駆動回路からの駆動信号が印加されそれぞれX方向212 (図35の紙面に垂直な方向)及びY方向213 (図35で上下方向)に駆動される。この場合の走査面214は図35で太い線で示す紙面に垂直で上下方向を含む平面となり、またY方向213は被検部の深さ方向と一致するので、深さ方向に走査面214を持つ画像が得られることになる。

【0198】なお、プリズム202はその斜面を図示のように固定部材215を介して固定しても良いし、固定部材215を用いることなくファイバホルダ209に固定しうるようにしても良い。

【0199】図35に示した光プローブ201Aでは光ファイバ6bと対物レンズ203とを一体的に走査するものを示したが、対物レンズ203を光学枠206側に取り付けると、光ファイバ走査タイプの光プローブを形成できる。本実施の形態によれば、2次元的に走査する簡単な構成で水平方向 (横方向)と、深さ方向の走査が可能となるので、垂直断層像を得ることができる。

【0200】 (第9の実施の形態) 次に本発明の第9の実施の形態を図36を参照して説明する。本実施の形態は簡単な構成で深さ方向の成分を持つ断層像を得ることができる光プローブを提供することを目的としたものである。図17に示した光プローブ112Aにおいては、先端部9の先端カバーユニット12が光軸Oに対して垂直であったが、図36に示す光プローブ221Aでは、先端部222に設けた先端カバーユニット223が光軸Oに対して90度とは異なる所定の角度にしている。

【0201】先端カバーユニット223は、カバーホルダ224とカバーガラス225とから構成され、カバーガラス225はカバーホルダ224に、カバーホルダ224は、チューブ8で覆われ、チューブ8の先端と共に

斜めで先端がカットされた硬質の光学枠10の先端に接着固定されている。その他は図17で説明したものと同様であり、その説明を省略する。

【0202】本実施の形態では、先端カバーユニット223の斜めの観察面となるカバーガラス225の外面を組織に押し当てて観察すると、走査面24の画像はY方向23に走査していくにつれて深くなるような、斜め断層像が得られる。

【0203】なお、図36の先端カバーユニット223の傾斜角度は1例に過ぎず、任意の斜め断層像を得るためにさまざまな角度で傾斜した構成としても良い。本実施の形態によれば、光軸O方向と垂直でなく、斜めに傾斜させた観察面を設けているので、傾斜により深さ方向の成分を持つ画像が得られるので、斜め断層像を得ることができる。

【0204】なお、図17に示した先端カバーユニット12と図36に示した先端カバーユニット223とを光学枠10に着脱自在で選択して装着できる構造にして、使用者が所望とする画像を得られるようにしても良い。

【0205】 (第10の実施の形態) 次に本発明の第10の実施の形態を図37を参照して説明する。本実施の形態は種々の観察面に対して適用範囲の広い光プローブを提供することを目的とする。

【0206】直視タイプの光プローブでは、内視鏡チャンネルに挿入し、プローブ先端部を観察対象に押し当てて観察しようとした場合、観察対象がプローブ先端部の先端面に垂直であるような面を有する場合は有効であるが、食道などの管状の組織を観察する際に押し当てるのが難しい。一方、側視タイプは、管状の組織を観察する際に有効であるが、プローブ先端部に垂直な組織を観察する際に押し当てるのが難しい。このため、本実施の形態では以下に説明するようにいずれの場合でも観察できる構造にしている。

【0207】図37に示す光プローブ231Aの先端部232は、図17の光プローブ112Aにおける光学ユニット11Gの先端側を所定角度 (例えば45度程度) 曲げた構成の光学ユニット232Aにしている。

【0208】このため、チューブ8及びこのチューブ8の先端内側に収納される光学枠10の先端面は (例えば45度程度の角度で) 斜め方向でカットされ、この斜めにカットされた開口部分にカバーホルダ233によりカバーガラス234を光学枠10に取り付け、斜め前方向にカバーガラス234の面が臨むような先端カバーユニット235にしている。

【0209】また、光学枠10の後端を固定したベース236は段差状に細幅にして前方側に延出された延出部237が形成され、その長手方向に設けた貫通孔には光ファイバ6bの先端側が挿通されている。

【0210】この延出部237にはその上下の面に先端側を途中で (例えば45度程度) 折り曲げたような薄板



238a、238cが固着され、その薄板238a、238cにおける先端側の外面には圧電素子239a、239cが貼着され、また薄板238a、238cの先端内側の面にはレンズホルダ240の上下の外面が固着されている。

【0211】このレンズホルダ240の先端内側には対物レンズ241が固着され、その光軸Oはカバーガラス234の面及び対物レンズ241の面と垂直で、対物レンズ241の中心軸に一致するように配置される。またこのレンズホルダ240におけるコーン状に絞った後端側の孔部に光ファイバ6bにおける屈曲した先端部242が固着されている。

【0212】また、延出部237における左右の側面には薄板238d（及び図示しない238b）が取り付けられ、各薄板の先端側の外面にはそれぞれ圧電素子239d（及び図示しない239b）が貼着され、またその2枚の薄板先端の内面にレンズホルダ240の左右の面が固着されている。

【0213】そして、圧電素子239a、239c及びこれらに垂直な圧電素子239d（239b）を駆動することにより焦点243を図37の水平方向（X方向）244と垂直方向（Y方向）245に走査して、焦点243を含む走査面246を2次元走査できるようにしている。

【0214】この光プローブ231Aによれば、その先端部232の観察用の先端面が先端部232の長手方向と垂直でなく、傾斜しているので、経内視鏡チャンネル的に光プローブ231Aで組織を観察する際、先端部232の長手方向に垂直な面の組織の場合でも、管状の面の組織の場合でも、先端側を例えば45度程度傾けることによりいずれの組織の場合にも容易に押し当て易く、観察が容易に行うことが可能となる。

【0215】（第11の実施の形態）次に本発明の第11の実施の形態を図38ないし図40を参照して説明する。本実施の形態はフレームレートを上したり、Y方向の分解能を向上できる光プローブを提供することを目的とする。光プローブを用いてラスタスキャンを行う際、往復スキャンのうちの往路または復路のみの情報を画像化すると、ライン数が少なくなり、フレームレートが低く、垂直方向（画像のY方向）の分解能が低下してしまう。

【0216】一方、圧電素子を用いたスキャナにはヒステリシス特性があり、往路と復路ではわずかに異なる画像となるので、往復両方の情報を画像化すると、往路と復路の画像を1ラインずつ交互に織り交ぜた歪んだ画像となってしまう。このため、以下に説明するような構成にして、フレームレート等を向上した画像が得られるようにする。

【0217】図38は本実施の形態における画像化装置251の内部構成を示す。この画像処理装置251は図

21において、I/Oポート144に接続されるフレームメモリ141の代わりに第1フレームメモリ252と第2フレームメモリ253とし、A/Dコンバータ140でA/D変換された1ライン毎のデジタル信号は信号線140b及び140cを介して第1フレームメモリ252及び第2フレームメモリ253に交互に記憶されるようにしている。

【0218】A/Dコンバータ140による第1フレームメモリ252、或いは第2フレームメモリ253の切換は、信号線143a、I/Oポート144、および信号線144eを介して、CPU143が制御する。第1フレームメモリ252および第2フレームメモリ253に記憶されたデータは、CPU143により、信号線143a、I/Oポート144、および信号線144aあるいは144fを介して、各フレームメモリから1ラインずつ交互に読み出されるように制御する。

【0219】また、CPU143は、第1フレームメモリ252および第2フレームメモリ253のデータの格納アドレスを、アドレスバス145を経由して指定し、データバス146を経由してメインメモリ142に格納するよう制御する。CPU143は、あらかじめハードディスク装置150に記憶されているヒステリシス特性変換プログラムをメインメモリ142に読み出しておき、それにより第2フレームメモリ253のデータを第1フレームメモリ252に格納されたデータと同じ特性に変換するよう制御する。

【0220】第1フレームメモリ252のデータと、変換後の第2フレームメモリ253のデータは、1ラインごとに交互にメインメモリ142からI/Oポート144へ読み出され、モニタ116へと送られ画像化される。

【0221】このようにして、図39（A）に示す往路と復路のヒステリシス特性を、この場合は例えば復路の特性を往路の特性と同じになるようにデータを変換することで往路、復路両方の画像を歪みなく表示する。

【0222】例えば、印加電圧Vに対する圧電素子の変位量をUとした場合、往路では変位量Uが $U=f(V)$ と表され、復路では $U=g(V)$ と表される場合、 $U=\alpha f(V)$ と表されるように補正係数 $\alpha$ を導入し、図39（B）に示すように補正係数 $\alpha$ をハードディスク装置150等にテーブル化して用意しておく。そして、往路では変位量Uに応じたモニタ画面位置で表示するようにし、復路では往路の場合の特性を補正係数 $\alpha$ で補正したモニタ画面位置で表示するようにする。

【0223】以上の流れを図40に示すフローチャートによって説明する。ここでは、第1フレームメモリ252および第2フレームメモリ253のライン数を表すインデックスをそれぞれi、jとし、画像1フレームのライン数を2m（mは整数）とする。このmをCPU143のレジスタ等に記憶し（ステップS21）、また、イ



ンデックス  $i$ ,  $j$  を 0 に初期化する (ステップ S 2 2)。

【0224】次のステップ S 2 3 で CPU 1 4 3 はインデックス  $i$  と  $j$  を比較し、等しければ第 1 フレームメモリ 2 5 2 へ  $i$  番目のラインデータを格納 (ステップ S 2 4) するよう制御する。また CPU 1 4 3 はその  $i$  番目のラインデータをメインメモリ 1 4 2 に書き込み、かつそのラインデータを読み出し (ステップ S 2 5)、さらに CPU 1 4 3 は I/O ポート 1 4 4 を介してモニタ 1 1 6 に出力し、モニタ 1 1 6 にそのラインデータを表示するよう制御する (ステップ S 2 6)。その後のステップ S 2 7 でインデックス  $i$  を 1 インクリメントし、ステップ S 2 3 の戻る。

【0225】すると、 $i$  と  $j$  が等しくなくなるので、ステップ S 2 8 に移り、CPU 1 4 3 は第 2 フレームメモリ 2 5 3 へラインデータを格納するように制御し、また、メインメモリ 1 4 2 に書き込み及び読み出すよう制御する (ステップ S 2 9)。

【0226】CPU 1 4 3 はメインメモリ 1 4 2 から読み出したデータを、ハードディスク装置 1 5 0 に予め格納されたヒステリシス変換プログラムにより、そのヒステリシス特性を往路の場合と同じ特性に変換するよう制御する (ステップ S 3 0)。そして、CPU 1 4 3 はその特性変換したラインデータを I/O ポート 1 4 4 を介してモニタ 1 1 6 に出力し、ものモニタ 1 1 6 に表示するよう制御する (ステップ S 3 1)。

【0227】その後のステップ S 3 2 で  $j$  を 1 インクリメントした後、 $j$  が  $m$  以上であるかの判断を行い (ステップ S 3 3)、これに該当しない場合にはステップ S 2 3 に戻り、ステップ S 2 3 ~ S 3 2 の処理を  $j$  が  $m$  以上になるまで繰り返す。このようにして、1 フレームの画像が得られる。そして、ステップ S 3 4 で終了かの判断を行い、次のフレームの表示を行う場合は、ステップ S 2 2 に戻り、これらの処理を繰り返し行い、次のフレームの表示を行わない場合には終了する。

【0228】このように処理することにより、往復スキャンにより、2 ライン分の画像が得られるので、フレームレートを向上できる。また、フレームレートを下げることなく垂直方向 (画像の Y 方向) の分解能を向上できる。

【0229】(第 1 2 の実施の形態) 次に本発明の第 1 2 の実施の形態を図 4 1 ないし図 4 4 を参照して説明する。第 1 2 の実施の形態を備えた光プローブシステムは例えば図 1 6 において、光プローブ 1 1 2 I のスキャナに変位を検出する歪みセンサを設け、この歪みセンサによりスキャナを駆動する場合のヒステリシス特性を改善するものである。

【0230】このため、本実施の形態における一体走査タイプの光プローブは図 1 7 の光プローブ 1 1 2 A において、その光学ユニット 1 1 G 部分を図 4 1 に示す光学

ユニット 1 1 J にしている。

【0231】図 4 1 に示す光学ユニット 1 1 J は図 1 8 の光学ユニット 1 1 G において、水平方向 (X 方向) に振られる薄板 1 5 b 上に、この薄板 1 5 b の変位を検出するために、歪みセンサ 3 0 2 が接着固定されている。

【0232】この歪みセンサ 3 0 2 に接続された信号線 3 0 3 は、図 4 2 に示すように、制御回路 3 0 4 内のセンサ駆動回路 3 0 5 と電気的に接続されており、歪みセンサ 3 0 2 の駆動を制御する。歪みセンサ 3 0 2 の出力信号は信号線 3 0 6 を介して X 駆動回路 3 0 7 に入力され、薄板 1 5 b の変位量に対応した電気信号を入力し、この信号で X 方向の駆動を制御する。なお、図 4 2 では信号線 3 0 3 と信号線 3 0 6 との一部が共通している。

【0233】本実施の形態における X 駆動回路 3 0 7 は、図 4 3 に示すように、X 方向に駆動するための信号を発生する正弦波発生器 3 0 8 と、その正弦波と歪みセンサ 3 0 2 の変位を示す電気信号を比較して、走査の往路と復路のヒステリシス特性を補正する駆動信号補正回路 3 0 9 と、圧電素子 1 6 b、1 6 d を駆動するために信号を増幅する増幅器 3 1 0 から構成されている。

【0234】駆動信号補正回路 3 0 9 には、正弦波発生器 3 0 8 で発生した正弦波の信号が入力される。また、駆動信号補正回路 3 0 9 には信号線 3 0 6 を介して歪みセンサ 3 0 2 のセンサ信号が入力され、このセンサ信号により、増幅器 3 1 0 に出力する信号を補正して出力する。

【0235】なお、光ファイバ走査タイプの光プローブでも、同様にその光学ユニットを構成する薄板 1 5 b に歪みセンサが取り付けられている。その他の構成は第 6 の実施の形態と同様の構成であり、その説明を省略する。

【0236】図 4 4 は、駆動信号と歪みセンサ 3 0 2 の出力が異なる場合に波形を補正する動作説明図である。この場合は、波形の立上りが走査の往路、立下りが走査の復路であることを表している。

【0237】図 4 4 (A) の駆動信号である正弦波に対して、図 4 4 (B) に示す歪みセンサ 3 0 2 によるセンサ出力 (変位信号) が異なっている場合、駆動信号補正回路 3 0 9 は、これらの波形を比較し、図 4 4 (C) のように、往路は正弦波のままで、復路の波形をより正弦波が平坦になるように制御する補正信号を増幅器 3 1 0 に出力する。

【0238】そして、再び歪みセンサ 3 0 2 から駆動信号補正回路 3 0 9 にフィードバックして入力されるセンサ出力の波形が、図 4 4 (D) に示すように往路と復路で線対称になるように制御する。つまり、センサ出力で補正しない場合には、往路と復路とでは図 4 4 (B) に示すように波形が異なる場合でも、センサ出力で補正することにより、図 4 4 (D) に示すように往路と復路とでヒステリシス特性を殆ど有しない特性にする。

【0239】このようにして、往路と復路のヒステリシスを補正して圧電素子16b、16dを駆動することにより、往路と復路で歪みのない画像が得られることになる。なお、本実施の形態では歪みセンサ（歪みゲージ）で圧電素子16b或いは16dの変位を検出しているが、ヒステリシス特性の小さい圧電素子を用いても良い。

【0240】本実施の形態によれば、往復スキャンにより、2ライン分の画像が得られるので、フレームレートを向上できる。また、フレームレートを下げることなく

【0241】図45は第1変形例の光学ユニット11Kを示す。この光学ユニット11Kは図41の光学ユニット11Jと異なる構造になっているので、その構造の説明を行う。

【0242】この光学ユニット11Kではベース14の両側面にそれぞれの後端が接着固定された薄板15b、15d（15dは図に表れない）の先端側の両面にはレンズホルダでなく、中継部材311の先端側両側面が固定され、またこの中継部材311の後端側の上下両面には薄板15a、15cの後端が固着され、これら薄板15a、15cの先端にレンズホルダ17の上下の面が固着されている。

【0243】薄板15b、15dと15a、15cの各外側の面にはそれぞれ圧電素子16b、16dと16a、16c（16d、16cは図に表れない）が貼着されている。この第1変形例では薄板15bの内側の面には歪みセンサ302を貼着している。その他は光学ユニット11Jと同様の構成である。なお、図45では簡単化のため、信号線19、303を1本で示している。

【0244】図46及び図47はそれぞれ第2及び第3変形例の光学ユニット11L、11Mを示す。図46では圧電素子16bの上面にポリイミド等の絶縁性を有する絶縁板313を介して歪みセンサ302を取り付けている。

【0245】また、図47では薄板15bに貼着する圧電素子を2つの圧電素子16b1及び16b2とし、その一方の圧電素子16b2をセンサとして利用している。これら変形例の作用効果は光学ユニット11Jの場合とほぼ同様である。

【0246】（第13の実施の形態）次に本発明の第13の実施の形態を図48を参照して説明する。本実施の形態は深さの異なる位置での断層像を得られる光プローブを提供することを目的とする。

【0247】図48の光プローブ401Aは図17に示す光プローブ112Aにおいて、その光学ユニット11Gを構成するカバーガラス26の代わりに電圧の印加により屈折率を変えられる液晶レンズ402を採用した光学ユニット11Nとしている。この液晶レンズ402は透明電極を設けた透明で平行な容器内に液晶を封入し、

カバーホルダ25を介して光学棒10の先端に取り付けられている。両透明電極に接続された信号線403の後端は電気コネクタ118aの電気接点に接続され、制御装置114（図16参照）に設けた図示しない深さ（或いは屈折率）調整スイッチを介して電圧発生回路に接続される。そして、深さ調整スイッチを操作することにより、選択された深さに対応した屈折率とする電圧が液晶レンズ402に印加される。

【0248】そして、印加する電圧を例えば3段階で調整することにより、3段階に焦点位置を変えて走査面24a、24b、24cを走査するようにできる。印加する電圧を連続的に変化させて、深さが連続的に異なる部分での走査を行うようにしても良い。従って、本実施の形態によれば、深さの異なる部分での断層像を容易に得ることができる。

【0249】なお、図48では一体型走査タイプの光プローブ401Aで説明したが、図19の光プローブ112Bに対しても液晶レンズ402を採用した構成にすることにより、光走査タイプの光プローブを構成することもできる。

【0250】（第14の実施の形態）次に本発明の第14の実施の形態を図49を参照して説明する。本実施の形態は安定したスキャナの振動を行うことができる光プローブを提供することを目的とする。

【0251】図49に示すように本実施の形態の光プローブ411は光ファイバ412を挿通した可撓性のチューブ413の先端に硬質のベース部材414を取付け、このベース部材414に（光ファイバ&対物レンズ一体走査タイプ、或いは光走査タイプの）スキャナ415の基端側を固定し、かつこのスキャナ415を覆う硬質の先端枠416の基端をベース部材414に固定している。また、先端枠416におけるスキャナ415から出射される光が当たる部分に開口を設けて光を通すカバーガラス417で閉塞している。

【0252】チューブ413内に挿通された光ファイバ412はチューブ8の後端のコネクタ418付近の固定部419で固定されている。つまり、光ファイバ412はスキャナ415による振動が伝達しない位置で固定されている。従って、スキャナを振動させた場合、光ファイバ412による振動がその固定部に及ぼさず、安定してスキャナを振動させることができる。

【0253】また、図50は第1変形例の光プローブ421を内視鏡422のチャンネル423に挿通した状態で示す。内視鏡422はその挿入部が硬質の先端部425、湾曲自在の湾曲部426、及び可撓性を有する長尺の可撓管部427からなり、この挿入部に設けたチャンネル423に光プローブ421が挿通されている。

【0254】この光プローブ421では、光ファイバ412を固定する固定部419を湾曲部426より後方の可撓管部427の位置となるように設けている。この位

置はスキャナ 415 の固定部からスキャナ 415 の長さ L 以上後方で、その長さ L の整数倍の位置 (m を整数として mL の位置) でもある。

【0255】また、この光ファイバ 412 はスキャナ 415 の固定部から固定部 419 の間では遊びを持たせた (たるませた) 状態で固定部 419 で固定するようにしている。このようにすることにより、光プローブ 421 が屈曲された場合に対応可能にしている。

【0256】(第 15 の実施の形態) 次に本発明の第 15 の実施の形態を図 51 を参照して説明する。本実施の形態も安定したスキャナの振動を行うことができる光プローブを提供することを目的とする。図 51 は第 15 の実施の形態における光学ユニット 431 を示す。

【0257】この光学ユニット 431 では略リング状のベース部材 432 の一方の側部が切り欠かれて側面 432a が形成され、この側面 432a に低速駆動側となる板状の圧電アクチュエータ 433 の後端が固着され、この圧電アクチュエータ 433 の前端は (上部側から見た場合の形状が) 略 L 字形の中継部材 434 の前端の外側側面に固着されている。なお、圧電アクチュエータ 433 は板状部材に板状で両面に電極を設けた圧電素子を貼着したものである。また、この中継部材 434 の前端は対物レンズ 435 を取り付けけた四角形状のレンズホルダ 436 の前端付近の側面に配置されている。

【0258】また、レンズホルダ 436 には円筒形状にした延出部 436a が後方に延出され、ベース部材 432 及び中継部材 434 の貫通孔を通した光ファイバ 437 の先端が固着されている。

【0259】そして、圧電アクチュエータ 433 に信号線 438a を介して駆動信号を印加することにより、対物レンズ 435 及び光ファイバ 437 の先端部を符号 439h で示す水平方向に振動させることができる。

【0260】また、中継部材 434 はその側板部が板形状の圧電アクチュエータ 433 と平行に後方側に延出され、その後端はベース部材 432 の前部に臨む四角形状の支持ブロック 434a と一体成形されている。この支持ブロック 434a の上面には高速駆動側となる板状の圧電アクチュエータ 440 の後端が固着され、この圧電アクチュエータ 440 の先端はレンズホルダ 436 の前端上面に固着されている。

【0261】また、圧電アクチュエータ 440 を構成する圧電素子の上面側の電極には支持ブロック 434a の上面付近で信号線 438b が半田 441 で固着して接続され、またこの圧電アクチュエータ 440 の下面側の電極はこの電極に導通する (圧電アクチュエータ 440 を構成する) 板状部材に、レンズホルダ 436 の上面付近の位置で信号線 438b が半田 441 で固着して接続されている。

【0262】つまり、圧電アクチュエータ 440 の両端付近で駆動信号を印加するための信号線 438b をそれ

ぞれ接続している。このように両端付近、すなわち圧電素子の変形しにくい部分で固定することにより、途中部分で接続した場合よりも、半田部付近で圧電素子が折れるのを防止できると共に、振動が信号線 438b に及ぼさないようにしている。

【0263】また、信号線 438b は中継部材 434 の側板部及び圧電アクチュエータ 433 の長手方向に沿って折り返すようにして延出され、その途中は適宜の間隔で点付け接着して、振動によりむやみに暴れないようにしている。圧電アクチュエータ 440 に信号線 438b を介して駆動信号を印加した場合には、対物レンズ 435 及び光ファイバ 437 の先端部を符号 439v で示す上下方向に振動させる。

【0264】なお、この光学ユニット 431 は点線で示すように先端にカバーガラス 443 を取り付けけた先端キャップ 444 で覆われる。

【0265】本実施の形態によれば、水平方向及び垂直 (上下) 方向に振動させるスキャナ部分をそれぞれ平板構造の圧電アクチュエータ 433、440 で構成しているので、平行に対向配置した平行平板の構造の場合よりも大きい振幅で振動させることができ、広い範囲を観察することができる。

【0266】また、中継部材 434 の後端にその後端を固定した高速駆動側の圧電アクチュエータ 440 に駆動信号を印加する信号線 438b を中継部材 434 の長手方向及び低速駆動側の圧電アクチュエータ 433 の長手方向に沿って配置し、その途中を適宜の間隔で点状に固定しているので安定した振動を確保できる。

【0267】例えば、信号線 438b を単に遊びを持たせた状態にしておくと、振動により信号線が光ファイバにからみついて、スキャナの振動を不安定にするおそれがあったり、また、信号線が光ファイバにからみつき、光ファイバの振動によって信号線が切断してしまう可能性があるが、本実施の形態によればこれらの発生を防止できる。

【0268】図 52 及び図 53 は変形例の光プローブ 451 の先端部に設けた光学ユニット 453 を示す。本変形例では高速駆動のアクチュエータを平行に配置した 2 枚の圧電アクチュエータで形成し、低速駆動のアクチュエータを 1 枚の圧電アクチュエータで形成している。

【0269】この変形例における光学ユニット 452 は、図 51 の光学ユニット 431 における支持ブロック 434a の上下両面には、図 52 に示すように 2 枚の平行な薄板 453a、453b の後端を固着し、薄板 453a 及び 453b の前端をレンズホルダ 436 に固着している。薄板 453a 及び 453b にはそれぞれ板状の高速用圧電素子 454a、454b が貼着されて (高速用圧電アクチュエータを形成して) いる。

【0270】また、中継部材 434 における支持ブロック 434a の一方の側面から前方側に延出された側板部

は図51の場合よりも短く形成され、この側板部とベース部材432との間に低速用の圧電アクチュエータが取り付けられている。

【0271】つまり、図53に示すように薄板455の先端及び後端が中継部材434の側板部の先端及びベース部材432の側面にそれぞれ固着され、この薄板455に板状の低速用圧電素子456が貼着されている。

【0272】この変形例では高速に駆動する圧電アクチュエータは平行な2組のもので形成し、低速で駆動する圧電アクチュエータは1組のもので形成している。その他は図51で説明したものと殆ど同じ構成であるので、その説明を省略する。

【0273】本変形例によれば、図51の場合と補完的な効果を有する。つまり、図51の場合に比べて走査範囲は狭くなるが、より高速の走査を行い易いという効果を有する。なお、上述した各実施の形態等を部分的等て組み合わせて構成される実施の形態も本発明に属する。

【0274】【付記】

1. 光源装置が発する観測光の焦点を被検部に対して走査する走査手段を有する複数種類の光走査プローブの内の少なくとも何れか1つを着脱自在な装着手段と、前記装着手段に装着される光走査プローブの種類を判別する判別手段と、前記判別手段で判別された光走査プローブに応じて前記光走査プローブにおける前記走査手段を制御する制御手段と、を有する光走査プローブシステム。

【0275】1-1. 光源装置が発する観測光の焦点を被検部に対して走査し、該走査により得られる前記被検部からの前記観測光の反射光を観測装置に伝達する光走査プローブ装置において、前記光源装置が発する前記観測光を伝達して該観測光を末端面より出射するとともに、前記被検部からの前記観測光の前記反射光を前記末端面より入射して前記観測装置に伝達する伝達手段と、前記伝達手段の前記末端面から出射される前記観測光を集光する集光光学系と、前記伝達手段の前記末端面と共に前記集光光学系を固定する固定手段と、前記固定手段を移動し、前記観測光の焦点を被検部に対して走査する走査手段と、を有することを特徴とする光走査プローブ装置。

1-1-1. 付記1-1において、前記走査手段は、前記固定手段を所定の第1の方向に移動する第1の移動手段と、前記固定手段を前記第1の方向とは異なる第2の方向に移動する第2の移動手段と、からなる。

【0276】1-2. 光源装置が発する観測光の焦点を被検部に対して走査し、該走査により得られる前記被検部からの前記観測光の反射光を観測装置に伝達する光走査プローブ装置において、前記光源装置が発する前記観測光を伝達して該観測光を末端面より出射するとともに、前記被検部からの前記観測光の前記反射光を前記末端面より入射して前記観測装置に伝達する伝達手段と、前記伝達手段の前記末端面から出射される前記観測光を

集光する集光光学系と、前記伝達手段の前記末端面と前記集光光学系との相対的な位置関係を維持したまま走査することを特徴とする光走査プローブ装置。

【0277】1-3. 観察光を出射する光源装置、前記観察光を伝達する光ファイバ、前記観察光を光ファイバの出射端部側に導光すると共に、前記光ファイバの基端側から入射される戻り光を光検出器側に導光する光カプラ、前記戻り光を検出し、光電変換する光検出器、前記光ファイバの出射端部に対向配置される対物レンズと前記光ファイバの先端部を一体的に走査し、前記光ファイバの出射端部と共焦点関係の焦点位置を走査するスキャナを有する光走査プローブ、前記光検出器の出力信号に対して、画像化する信号処理を行う画像化手段、前記スキャナを駆動するスキャナ駆動手段、前記画像化手段の出力信号を表示する表示手段、とからなる光走査プローブシステム。

【0278】1-4. 光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し、出射光を側方へ反射しその戻り光を検出するように反射部材を設けた光走査プローブ装置。

【0279】1-4-1. 付記1-4において、前記反射部材はプリズムである。

1-5. 光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定して走査する光走査プローブの先端カバーガラスを光軸に対して垂直とは異なる角度を持って構成した光走査プローブ装置。

1-6. 光走査プローブの軸に対して、光走査プローブの先端カバーガラスを垂直から垂直とは異なる角度を持って構成し、このカバーガラスに対して光軸が垂直となるように2次元スキャナを構成した光走査プローブ装置。

1-6-1. 付記1-6において、前記2次元スキャナは光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定して一体的に走査する。

【0280】1-1a. 光源装置が発する観測光の焦点を被検部に対して走査し、該走査により得られる前記被検部からの前記観測光の反射光を観測装置に伝達する光走査プローブ装置において、前記光源装置が発する前記観測光を伝達して該観測光を末端面より出射するとともに、前記被検部からの前記観測光の前記反射光を前記末端面より入射して前記観測装置に伝達する伝達手段と、前記伝達手段の前記末端面から出射される前記観測光を集光する集光光学系と、前記伝達手段の前記末端面と共に前記集光光学系を固定する固定手段と、前記固定手段を移動し、前記観測光の焦点を被検部に対して走査する走査手段と、を有することを特徴とする光走査プローブ装置。

1-2a. 前記走査手段は、前記固定手段を所定の第1の方向に移動する第1の移動手段と、前記固定手段を前記第1の方向とは異なる第2の方向に移動する第2の移

動手段と、からなることを特徴とする付記1 a記載の光走査プローブ装置。

【0281】1-1 b. 体腔内に挿入されるプローブと、被検部に光を照射するための光源と、前記光源からの光をプローブ先端に導くための光ファイバと、前記光ファイバからの光を被検部に合焦させ、被検部からの光を前記光ファイバ端面に集光させる合焦手段と、前記合焦手段によって合焦された焦点を被検部に対して走査する光走査手段と、前記被検部からの戻り光の少なくとも一部を光源からの光の光路から分離する分離手段と、前記分離された光を検出する光検出手段からなる光走査プローブ装置において、前記走査手段はプローブ先端部において合焦手段と光ファイバ先端部を一体的に走査することを特徴とする光走査プローブ装置。

【0282】1-2 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段は圧電素子を用いる。

1-3 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段はバイモルフ圧電素子を用いる。

1-4 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段はユニモルフ圧電素子を用いる。

1-5 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段は円筒型圧電素子を用いる。

【0283】1-6 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段は電磁力を用いる。1-7 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段はボイスコイルを用いる。

1-8 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段は二つ以上の方向に焦点を走査させる。

1-9 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段は異なる方向の走査手段を二つ直列に接続した。

【0284】1-10 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段の少なくとも一つは共振周波数で駆動される。

1-11 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段は少なくとも一つの剛性の低い変形部を有する。

1-12 b. 付記1-11 bにおいて、前記変形部は薄い板構造である。

1-13 b. 付記1-11 bにおいて、前記変形部は平行な平板構造を有する。

1-14 b. 付記1-11 bにおいて、前記変形部は線状部材で構成されている。

【0285】(付記1-1 b~1-14 bの作用) この構成によると、レンズと光ファイバ先端を走査させることによって、焦点を走査させる。この場合、レンズはレンズ中心軸を通る光のみに焦点を結ばれるだけで良いので、レンズの設計が容易になる。また、開口数の大きなレンズが容易に可能となる。

【0286】1-15 b. 付記1-1 bにおいて、前記プローブ先端部を密閉構造にした。

1-16 b. 付記1-15 bにおいて、前記走査手段は密閉部内部で走査され、プローブ先端の外部は移動しない。

1-17 b. 付記1-1 bにおいて、前記プローブには前記走査手段を固定する為の基部を有する。

1-18 b. 付記1-17 bにおいて、前記基部は走査されるレンズと比較して重量を重く構成した。

【0287】1-19 b. 付記1-17 bにおいて、前記基部に光ファイバの一部を固定した。

1-20 b. 付記1-1 bにおいて、前記合焦手段は開口数が0.3以上である。

1-21 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段の走査範囲のストロークエンドに衝撃緩和手段を設けた。

1-22 b. 付記1-1 bにおいて、前記プローブ先端部付近を内視鏡に対して固定する手段を設けた。

【0288】1-23 b. 付記1-22 bにおいて、前記固定手段はバルーンである。

1-24 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段は焦点をプローブの軸に対して垂直方向な平面内で走査する。

1-25 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段は焦点をプローブの軸に対して水平方向な平面内で走査する。

1-26 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段は焦点をプローブの軸に対して斜め方向な平面内で走査する。

1-27 b. 付記1-1 bにおいて、前記走査手段は焦点をプローブの軸方向に焦点を移動させる。

【0289】1-28 b. 付記1-1 bにおいて、前記光ファイバはシングルモードファイバである。

1-29 b. 付記1-1 bにおいて、前記光ファイバはマルチモードファイバである。

1-30 b. 付記1-1 bにおいて、前記光ファイバは偏波面保存ファイバである。

【0290】2-1. 光源装置が発する観測光を所定のレンズで集光し、該観測光の焦点を被検部に対して走査する光走査プローブ装置において、所定の第1の方向に変形自在な単一の第1の変形部と、前記第1の変形部の一端に接続部を介して接続された、前記第1の方向とは直交する第2の方向に変形自在な単一の第2の変形部と、前記第1の変形部における前記接続部の一端に対する他端側に形成された、前記第1の変形部をプローブ本体に固定するための固定部と、前記第2の変形部における前記接続部の一端に対する他端側に形成された、前記第2の変形部に前記光源装置が発する観測光を集光する集光手段を固定する集光手段固定部と、前記第1の変形部に設けられた、前記第1の方向に駆動自在な第1の駆動手段と、前記第2の変形部に設けられた、前記第2の方向に駆動自在な第2の駆動手段と、を有する光走査プローブ装置。

【0291】2-1'. 光源装置が発する観測光の焦点を被検部に対して走査する光プローブ装置において、所定の範囲で弾性変形可能な弾性板に接続部を残しつつ所

定幅の切り欠き溝を形成して第 1 の変形部と第 2 の変形部とを形成し、前記第 1 の変形部の変形方向と、前記第 2 の変形部の変形方向とが直交するよう前記接続部を折り曲げ、前記第 1 の変形部における前記接続部の一端に対する他端側をプローブ本体に固定し、前記第 2 の変形部における前記接続部の一端に対する他端側に前記光源装置が発する観測光を集光する集光手段を配置したことを特徴とする光走査プローブ装置。

【0292】2-1-1. 2-1 において、前記第 1 及び第 2 の駆動手段における少なくとも一方の駆動手段は屈折率可変部材を有する。

2-1-2. 2-1-1 において、前記屈折率可変部材は電圧の印加により屈折率が変化する液晶レンズである。

2-2. 少なくとも光ファイバの出射端部を 2 次元に走査する光走査プローブ装置において、プローブ本体の長手方向に直交する方向に隣接して 2 つの方向に走査する部分を持つ 2 次元スキャナ部を形成した光走査プローブ装置。

【0293】2-3. 光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し、一体的に 2 次元に走査する光走査プローブ装置において、プローブ本体の長手方向に直交する方向に隣接して 2 つの方向に走査する 2 次元スキャナ部を形成した光走査プローブ装置。

2-4. 光ファイバのみを 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、プローブ本体の長手方向に直交する方向に隣接して 2 つの方向に走査する部分を持つ 2 次元スキャナ部を形成した光走査プローブ装置。

【0294】2-5 a. 光ファイバのみを 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2 次元スキャナは平行な平板構造を 2 組有する光走査プローブ装置。

2-5 b. 光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し、一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2 次元スキャナは平行な平板構造を 2 組有する光走査プローブ装置。

【0295】2-5-1. 付記 2-5 a 又は 2-5 b において、平行な平板構造 2 組、つまり 4 枚の平板構造の囲まれた部分に光ファイバが挿通される。

2-5-2. 付記 2-5 a 又は 2-5 b において、平板には圧電素子が一面に貼着され、ユニモルフを構成する。

2-5-3. 付記 2-5 a 又は 2-5 b において、平板には圧電素子が一面に貼着され、ユニモルフを構成する。

【0296】2-5-4. 付記 2-5 a 又は 2-5 b において、平板には圧電素子が両面に貼着され、バイモルフを構成する。

2-5-5. 付記 2-5 a 又は 2-5 b において、2 次元スキャナの先端部には光ファイバが固定される。

2-5-6. 付記 2-5 a 又は 2-5 b において、2 次元スキャナの先端部にはファイバと対物レンズが一体的に固定される。

【0297】2-5-7. 付記 2-5 a 又は 2-5 b において、2 次元スキャナの先端部にはファイバと対物レンズが一体的に固定されたレンズホルダが固定される。

2-5-8. 付記 2-5 a 又は 2-5 b において、2 次元スキャナはプローブの先端部に形成される。

2-5-9. 付記 2-5 a 又は 2-5 b において、プローブの略中心部にスキャナの走査の中心が位置する。

【0298】2-5-10. 付記 2-5 a 又は 2-5 b において、平行な平板構造は剛性の低い変形部を有する。

2-5-11. 付記 2-5-10 において、変形部は薄い板構造である。

2-6 a. 光ファイバのみを 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2 次元スキャナは、平行な平板構造を 2 組有し、各々は中間部材で連結されている光走査プローブ装置。

【0299】2-6 b. 光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し、一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2 次元スキャナは、平行な平板構造を 2 組有し、各々は中間部材で連結されている光走査プローブ装置。

2-6-1. 付記 2-6 a 又は 2-6 b において、中間部材は長手（軸）方向に貫通部が設けられ、この貫通部と 2 組の平板構造で囲まれた部分に光ファイバが位置する。

2-6-2. 付記 2-6 a 又は 2-6 b において、中間部材の手許側には先端側の平行平板構造のスキャナが貼着され、中間部材の先端側には手許側の平行平板構造のスキャナが貼着される。

【0300】2-7 a. 光ファイバのみを 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2 次元スキャナはそれぞれ別方向に走査する 2 枚の平板状アクチュエータと中間部材から構成され、2 次元スキャナの手許側に固定された平板状アクチュエータの先端側は中間部材の先端側に固着され、2 次元スキャナの手許側に配置された平板状アクチュエータの手許側は中間部材の手許側に固着される光走査プローブ装置。

【0301】2-7 b. 光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し、一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2 次元スキャナはそれぞれ別方向に走査する 2 枚の平板状アクチュエータと中間部材から構成され、2 次元スキャナの手許側に固定された平板状アクチュエータの先端側は中間部材の先端側に固着され、2 次元スキャナの手許側に配置された平板状アクチュエータの手許側は

中間部材の手許側に固着される光走査プローブ装置。

【0302】2-7-1. 付記2-7a又は2-7bにおいて、中間部材は貫通部を有し、この貫通部を光ファイバが挿通される。

2-7-2. 付記2-7a又は2-7bにおいて、2次元スキャナの先端側に配置された平板状アクチュエータの先端側にはファイバが固定される。

2-7-3. 付記2-7a又は2-7bにおいて、2次元スキャナの先端側に配置された平板状アクチュエータの先端側にはファイバと対物レンズが一体的に固定される。

【0303】2-7-4. 付記2-7a又は2-7bにおいて、2次元スキャナの先端側に配置された平板状アクチュエータの先端側には光ファイバと対物レンズが一体的に固定されたレンズホルダが固定される。

2-7-5. 付記2-7a又は2-7bにおいて、平板状アクチュエータは平板に圧電素子が一面に貼着され、ユニモルフのアクチュエータを構成する。

2-7-6. 付記2-7a又は2-7bにおいて、平板状アクチュエータは平板に圧電素子が両面に貼着され、バイモルフのアクチュエータを構成する。

【0304】2-8a. 光ファイバのみを2次元走査する2次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2次元スキャナはそれぞれ別方向に走査する2枚の平板状圧電アクチュエータで構成され、平板状圧電アクチュエータの固定部に位置する部分で電極のハンダ付けをした光走査プローブ装置。

2-8b. 光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し、一体的に2次元走査する2次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2次元スキャナはそれぞれ別方向に走査する2枚の平板状圧電アクチュエータで構成され、平板状圧電アクチュエータの固定部に位置する部分で電極のハンダ付けをした光走査プローブ装置。

【0305】2-9a. 光ファイバのみを2次元走査する2次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2次元スキャナはそれぞれ別方向に走査する2枚の平板状圧電アクチュエータで構成され、平板状圧電アクチュエータの長手方向の両端部を各々正/負電極とした光走査プローブ装置。

2-9b. 光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し、一体的に2次元走査する2次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2次元スキャナはそれぞれ別方向に走査する2枚の平板状圧電アクチュエータで構成され、平板状圧電アクチュエータの長手方向の両端部を各々正/負電極とした光走査プローブ装置。

【0306】2-10. 光ファイバのみ2次元走査、又は光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し一体的に2次元走査する2次元スキャナを有

する光走査プローブ装置において、2次元スキャナはそれぞれ別方向に走査する2枚の平板状圧電アクチュエータで構成され、平板状圧電アクチュエータを構成する圧電素子への給電リード線は平板状圧電アクチュエータの側部に沿わせ、適宜個所で点付け接着固定した光走査プローブ装置。

2-11. 光ファイバのみ2次元走査、又は光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し一体的に2次元走査する2次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2次元スキャナはそれぞれ別方向に走査する2枚の平板状圧電アクチュエータで構成され、平板状圧電アクチュエータの長手方向先端部側を圧電素子の接着部側電極とした光走査プローブ装置。

【0307】2-12. 光ファイバのみ2次元走査、又は光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し一体的に2次元走査する2次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2次元スキャナはそれぞれ別方向に走査する2枚の平板状圧電アクチュエータで構成され、平板状圧電アクチュエータを構成する圧電素子への給電リード線を2次元スキャナの後端ベース部材部に接着固定した光走査プローブ装置。

2-13. 光ファイバのみ2次元走査、又は光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し一体的に2次元走査する2次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2次元スキャナは、平行な平板構造アクチュエータを1組と、平板状アクチュエータと中間部材とから構成され、前記平板状アクチュエータの手許側は2次元スキャナの手許固定部側に固定され、平板状アクチュエータの先端側は中間部材の先端部側に固定され、平行な平板構造のアクチュエータの手許側は中間部材の手許側に固定され、平行な平板構造のアクチュエータの先端部側は光ファイバまたは、光ファイバと対物レンズと固定される。

【0308】2-14. 光ファイバのみ2次元走査、又は光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し一体的に2次元走査する2次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2次元スキャナはスリット部を有する1枚の曲げ平板にスリットを間に挟んで2枚の圧電素子が貼着された2個のユニモルフからなる光走査プローブ装置。

2-14-1. 付記2-14において、圧電素子の長さを異ならせた。

2-15. 光ファイバのみ2次元走査、又は光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し一体的に2次元走査する2次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2次元スキャナはスリット部を有する1枚の曲げ平板にスリットを間に挟んで両面を各々2枚(計4枚)の圧電素子が貼着された2個のバイモルフからなる光走査プローブ装置。

【0309】2-16. 光ファイバのみ2次元走査、又



は光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2 次元スキャナは、2 枚の平板状圧電アクチュエータから構成され、圧電素子の長手方向の長さを異ならせた光走査プローブ装置。  
2-17. 光ファイバのみ 2 次元走査、又は光ファイバの少なくとも出射端部と対物レンズを一体的に固定し一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2 次元スキャナは光走査プローブの先端部に固定される光走査プローブ装置。

【0310】3-1. 光ファイバの出射端部、又は光ファイバの出射端部と対物レンズを一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、光ファイバと光走査プローブの固定位置を 2 次元スキャナによる振動が伝達しない位置とした光走査プローブ装置。

3-2. 光ファイバの出射端部、又は光ファイバの出射端部と対物レンズを一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、光ファイバと光走査プローブの固定位置を光走査プローブの先端硬質部内とした光走査プローブ装置。

【0311】3-3. 光ファイバの出射端部、又は光ファイバの出射端部と対物レンズを一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、光ファイバと光走査プローブの固定位置を 2 次元スキャナと同じ長さ以上後ろとした光走査プローブ装置。

3-4. 光ファイバの出射端部、又は光ファイバの出射端部と対物レンズを一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、光ファイバと光走査プローブの固定位置を 2 次元スキャナの長さの整数倍の位置とした光走査プローブ装置。

【0312】3-5. 光ファイバの出射端部、又は光ファイバの出射端部と対物レンズを一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、光ファイバの固定位置より先端側の光ファイバをたるませた光走査プローブ装置。

【0313】3-6. 光ファイバの出射端部、又は光ファイバの出射端部と対物レンズを一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、光ファイバと 2 次元スキャナに給電するリード線との間に隔壁を設けた光走査プローブ装置。

3-7. 光ファイバの出射端部、又は光ファイバの出射端部と対物レンズを一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2 次元スキャナに給電するリード線を 2 次元スキャナの後端部で固定した光走査プローブ装置。

【0314】3-8. 光ファイバの出射端部、又は光ファイバの出射端部と対物レンズを一体的に 2 次元走査する 2 次元スキャナを有する光走査プローブ装置において、2 次元スキャナとリード線との固定部から先端側で

リード線と光ファイバが接触しないようにした光走査プローブ装置。

4 a. 往復駆動するスキャナを有するプローブと、前記スキャナを駆動する制御装置と、被検部に光を照射する光源と、前記光源からの光をプローブ先端に導くための光ファイバと、前記光ファイバからの光を被検部に合焦させ、前記被検部からの光を前記光ファイバ端面に集光させる合焦手段と、前記被検部からの戻り光の少なくとも一部を前記光源からの光の光路から分離する分離手段と、前記分離された光を検出する検出器と、前記検出器からの信号を画像化する表示手段に画像を表示する画像化装置とを有する光走査プローブ装置において、前記画像化装置は、往路と復路の画像を合成する画像合成手段を有する光走査プローブ装置。

【0315】4-1. 付記 4 a において、前記画像合成手段は、往路の画像を記憶する第 1 フレームメモリと、復路の画像を記憶する第 2 フレームメモリと、往路あるいは復路のヒステリシス特性の少なくとも一方の特性に合わせ込む特性補正手段を有する。

4-2. 付記 4 a において、前記画像化装置は、CPU と、メインメモリと、ハードディスクと、I/O ポートと、A/D コンバータとを内蔵するパーソナルコンピュータを有する。

4-3. 付記 4 a において、前記特性補正手段は、前記ハードディスク内に記憶される。

4-4. 付記 4 a において、前記特性補正手段は、前記スキャナを駆動する駆動電圧の各値に一意に対応する、往路の変位量、ヒステリシス補正係数、ならびに復路の変位量を含む参照テーブルからなる。

【0316】4 b. 往復駆動するスキャナを有するプローブと、前記スキャナを駆動する制御装置と、被検部に光を照射する光源と、前記光源からの光をプローブ先端に導くための光ファイバと、前記光ファイバからの光を被検部に合焦させ、前記被検部からの光を前記光ファイバ端面に集光させる合焦手段と、前記被検部からの戻り光の少なくとも一部を前記光源からの光の光路から分離する分離手段と、前記分離された光を検出する検出器と、前記検出器からの信号を画像化する表示手段に画像を表示する画像化装置とを有する光走査プローブ装置において、前記スキャナは、往路および復路の走査位置を、往路あるいは復路の走査位置のいずれか一方に一致させる走査位置補正手段を有する光走査プローブ装置。

【0317】4-5. 付記 4 b において、前記走査位置補正手段は、前記スキャナの変位を検出する圧電素子からなる。

4-6. 付記 4 b において、前記走査位置補正手段は、前記スキャナの変位を検出する歪センサからなる。

4-7. 付記 4 b において、前記画像化装置は、前記位置補正手段からの信号を受け取り、スキャナを駆動する駆動信号を補正する駆動信号補正回路を有する。



4-8. 付記 4 b において、前記走査位置補正手段は、前記スキャナを構成する板バネ部材の裏面に配置される。

【0318】4-9. 付記 4 b において、前記走査位置補正手段は、前記スキャナを構成する圧電素子の上面に、絶縁物質を介して配置される。

4-10. 付記 4 b において、前記絶縁物質はポリイミドである。

4-11. 付記 4 b において、前記走査位置補正手段は、前記スキャナを構成する板バネ部材に配置される圧電素子と同一面に平行に配置される。

【0319】4 c. 非線形駆動信号で駆動するスキャナを有するプローブと、前記スキャナを駆動する制御装置と、被検部に光を照射する光源と、前記光源からの光をプローブ先端に導くための光ファイバと、前記光ファイバからの光を被検部に合焦させ、前記被検部からの光を前記光ファイバ端面に集光させる合焦手段と、前記被検部からの戻り光の少なくとも一部を前記光源からの光の光路から分離する分離手段と、前記分離された光を検出する検出器と、前記検出器からの信号を画像化する表示手段に画像を表示する画像化装置と、を有する共焦点光走査プローブ装置において、前記画像化装置は前記表示手段に表示される画像を線形補正する線形補正手段を有し、前記線形補正手段は前記非線形駆動信号を発生する非線形駆動信号発生手段と、非等間隔パルスを発生する非等間隔パルス発生手段と、前記非等間隔パルスをサンプリングクロックとして A/D 変換する A/D 変換器を具備していることを特徴とする共焦点光走査プローブ装置。

【0320】4 d. 往復駆動するスキャナを有するプローブと、前記スキャナを駆動する制御装置と、被検部に光を照射する光源と、前記光源からの光をプローブ先端に導くための光ファイバと、前記光ファイバからの光を被検部に合焦させ、前記被検部からの光を前記光ファイバ端面に集光させる合焦手段と、前記被検部からの戻り光の少なくとも一部を前記光源からの光の光路から分離する分離手段と、前記分離された光を検出する検出器と、前記検出器からの信号を画像化する表示手段に画像を表示する画像化装置とを有する光走査プローブ装置において、前記画像化装置は、往路あるいは復路のいずれか一方の画像のみを表示する、片道方向表示手段を有する共焦点光走査プローブ装置。

【0321】4-12. 付記 4 d において、前記片道方向表示手段は、フレームメモリと、前記フレームメモリから往路あるいは復路の情報のみを読み出すよう制御する CPU と、メインメモリと、ハードディスクと、I/O ポートと、A/D コンバータとを有するパーソナルコンピュータからなる。

4 e. スキャナを有するプローブと、前記スキャナを駆動する制御装置と、被検部に光を照射する光源と、前記

光源からの光をプローブ先端に導くための光ファイバと、前記光ファイバからの光を被検部に合焦させ被検部からの光を前記光ファイバ端面に集光させる合焦手段と、前記被検部からの戻り光の少なくとも一部を光源からの光の光路から分離する分離手段と、前記分離された光を検出する検出器と、前記検出器からの信号を A/D 変換して画像化し表示手段に画像を表示する画像化装置と、を有する共焦点光走査プローブ装置において、前記画像化装置は、非線形駆動波形に対して前記 A/D 変換のサンプリングパルスの位相を調整して画像を表示する表示タイミング手段を有し、前記表示タイミング手段は、前記非線形駆動波形に対して、前記サンプリングパルスの位相を 90° ずらして発生させることを特徴とする共焦点光走査プローブ装置。

【0322】4 f. スキャナを有するプローブと、前記スキャナを駆動する制御装置と、被検部に光を照射する光源と、前記光源からの光をプローブ先端に導くための光ファイバと、前記光ファイバからの光を被検部に合焦させ被検部からの光を前記光ファイバ端面に集光させる合焦手段と、前記被検部からの戻り光の少なくとも一部を光源からの光の光路から分離する分離手段と、前記分離された光を検出する検出器と、前記検出器からの信号を画像化し表示手段に画像を表示する画像化装置と、を有する共焦点光走査プローブ装置において、前記画像化装置は、前記画像をラインデータとして蓄積するフレームメモリと、前記フレームメモリに蓄積されたラインデータを補間するライン補間手段を有し、前記補間手段は、前記フレームメモリからラインデータを整数分の 1 の割合で間引いて読み出す間引き手段と、前記間引き手段で読み出されたラインデータを複数倍にコピーするコピー手段を有し、前記フレームメモリに蓄積されるラインデータのライン数と、前記コピー手段によりコピーされた後のラインデータのライン数は同数であることを特徴とする共焦点光走査プローブ装置。5. 光走査プローブの先端部を被検部に押しつける強さを調節することにより観察深さを、押しつける角度を調節することにより観察面の角度を調節する観察方法。

【0323】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、光源装置が発する観測光の焦点を被検部に対して走査し、該走査により得られる前記被検部からの前記観測光の反射光を観測装置に伝達する光走査プローブ装置において、前記光源装置が発する前記観測光を伝達して該観測光を末端面より出射するとともに、前記被検部からの前記観測光の前記反射光を前記末端面より入射して前記観測装置に伝達する伝達手段と、前記伝達手段の前記末端面から出射される前記観測光を集光する集光光学系と、

前記伝達手段の前記末端面と共に前記集光光学系を固定する固定手段と、前記固定手段を移動し、前記観測光の焦点を被検部に対して走査する走査手段と、を設けて

いるので、伝達手段の末端面と共に前記集光光学系を移動して、観測光の焦点を走査する構成にしているため、走査状態に殆ど関係なく、伝達手段の末端面と集光光学系の位置関係を保持でき、集光光学系として特殊なものを必要としないで通常の集光光学系を使用でき、また分解能を大きくすることも容易となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態を備えた光走査型顕微鏡の全体構成図。

【図 2】第 1 の実施の形態の光走査プローブ装置の先端部の構成を示す断面図。

【図 3】先端部に設けた光学ユニットの構成を示す斜視図。

【図 4】制御部の構成を示すブロック図。

【図 5】走査面を光走査する様子を示す図。

【図 6】光走査プローブ装置が挿通された状態の内視鏡の先端部を示す斜視図。

【図 7】本発明の第 2 の実施の形態の光走査プローブ装置の先端部の構成を示す断面図。

【図 8】先端部に設けた光学ユニットの構成を示す斜視図。

【図 9】本発明の第 3 の実施の形態の光走査プローブ装置の先端部に設けた光学ユニットの構成を示す斜視図。

【図 10】本発明の第 4 の実施の形態の光走査プローブ装置の先端部の構成を示す断面図。

【図 11】先端部に設けた光学ユニットの構成を示す斜視図。

【図 12】本発明の第 5 の実施の形態を備えた光走査型顕微鏡の全体構成図。

【図 13】光走査プローブ装置の先端部の構成を示す断面図。

【図 14】先端部に設けた光学ユニットの構成を示す斜視図。

【図 15】図 13 の永久磁石周辺部分の X 及び Y 方向に走査する走査機構を示す断面図。

【図 16】本発明の第 6 の実施の形態を備えた光プローブシステムの全体を示すブロック図。

【図 17】光ファイバ&対物レンズ一体走査タイプの光プローブの構造を示す断面図。

【図 18】図 17 における光学ユニット部分を示す斜視図。

【図 19】光ファイバ走査タイプの光プローブの構造を示す断面図。

【図 20】光源ユニットの構成を示す図。

【図 21】画像化装置の構成を示すブロック図。

【図 22】生体組織を観察する様子を示す図。

【図 23】スキャナで往復的に走査した場合にその一方のみでサンプリングして画像化する動作の説明図。

【図 24】第 1 変形例における非等間隔パルスでサンプリングする動作の説明図。

【図 25】第 2 変形例におけるライン補間の動作を示すフローチャート図。

【図 26】ライン補間を含むスキャニングの流れのフローチャート図。

【図 27】本発明の第 7 の実施の形態の光プローブの組立てる工程等を示す図。

【図 28】スキャナ部分を示す斜視図。

【図 29】光ファイバ走査タイプのスキャナ部分を示す斜視図。

【図 30】光ファイバ走査タイプの光プローブの構造を示す断面図。

【図 31】第 1 変形例のパネ板材等を示す図。

【図 32】第 2 変形例のパネ板材等を示す図。

【図 33】第 3 変形例のパネ板材等を示す図。

【図 34】光ファイバ走査タイプの光プローブの先端側の構造を示す断面図。

【図 35】本発明の第 8 の実施の形態の光プローブの先端側の構造を示す断面図。

【図 36】本発明の第 9 の実施の形態の光プローブの先端側の構造を示す断面図。

【図 37】本発明の第 10 の実施の形態の光プローブの先端側の構造を示す断面図。

【図 38】本発明の第 11 の実施の形態に係る画像化装置の構成を示すブロック図。

【図 39】印加電圧に対する圧電素子の変位が往路と復路で異なるヒステリシス特性と、その特性を補正する補正係数を導入したテーブルを示す図。

【図 40】図 39 のテーブルを用いてヒステリシス特性を補正して画像化する動作のフローチャート図。

【図 41】本発明の第 12 の実施の形態における光学ユニットを示す斜視図。

【図 42】制御回路の主要部の構成を示すブロック図。

【図 43】X 駆動回路の構成を示すブロック図。

【図 44】歪みセンサの出力を用いて駆動信号の波形を補正する作用の説明図。

【図 45】図 41 の第 1 変形例の光学ユニットを示す斜視図。

【図 46】図 41 の第 2 変形例の光学ユニットを示す斜視図。

【図 47】図 41 の第 3 変形例の光学ユニットを示す斜視図。

【図 48】本発明の第 13 の実施の形態の光プローブの構造を示す断面図。

【図 49】本発明の第 14 の実施の形態の光プローブの概略の構造を示す断面図。

【図 50】第 14 の実施の形態の変形例の光プローブを内視鏡に挿通した状態で示す断面図。

【図 51】本発明の第 15 の実施の形態における光学ユニットの構造を示す斜視図。

【図 52】第 15 の実施の形態の変形例の光プローブの

53

先端側の構造を示す断面図。

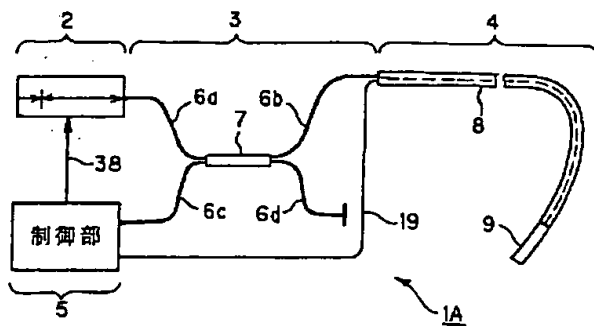
【図53】図52と直交する方向から見た断面図。

【図54】従来例における画像化のためのサンプリング動作の説明図。

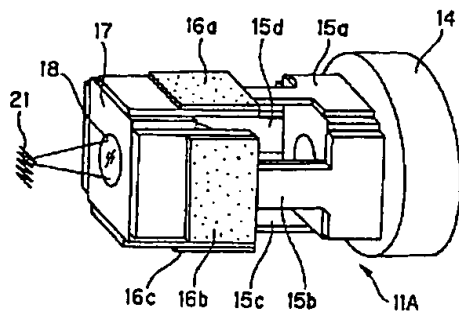
【符号の説明】

- 1…光走査型顕微鏡  
 2…光源部  
 3…光伝達部  
 4…光（走査）プローブ（装置）  
 5…制御部  
 6a, 6b, 6c, 6d…（光伝達用）ファイバ  
 7…4端子カプラ  
 8…チューブ  
 9…先端部  
 10…光学枠  
 11A…光学ユニット  
 12…先端カバーユニット  
 14…ベース  
 15a, 15b, 15c, 15d…薄板

【図1】



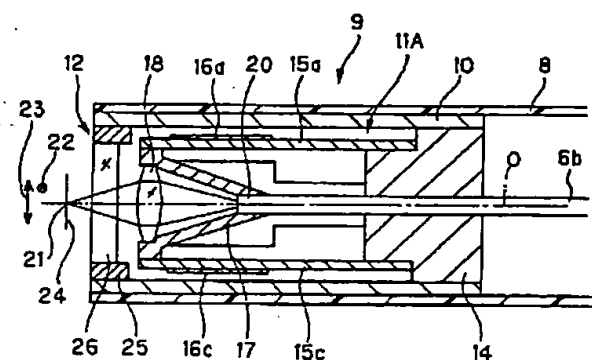
【図3】



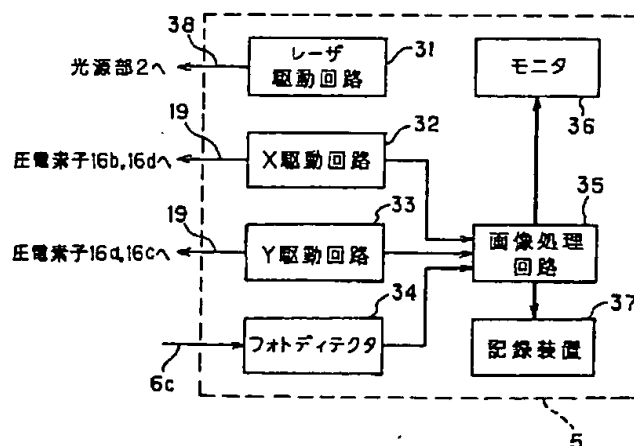
54

- 16a, 16b, 16c, 16d…圧電素子  
 17…レンズホルダ  
 18…対物レンズ  
 19…ケーブル  
 20…光ファイバ先端部  
 21…焦点  
 22…水平方向（X方向）  
 23…縦方向（Y方向）  
 24…走査面  
 25…カバーホルダ  
 26…カバーガラス  
 31…レーザ駆動回路  
 32…X駆動回路  
 33…Y駆動回路  
 34…フォトディテクタ  
 35…画像処理回路  
 36…モニタ  
 37…記録装置  
 40…内視鏡先端部

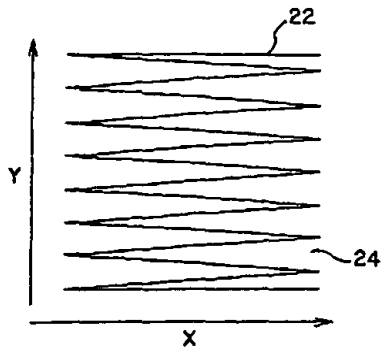
【図2】



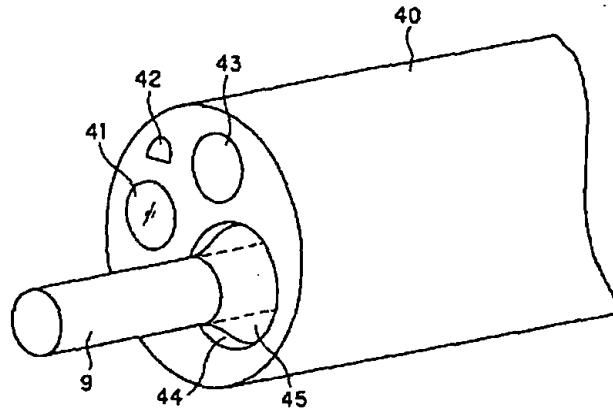
【図4】



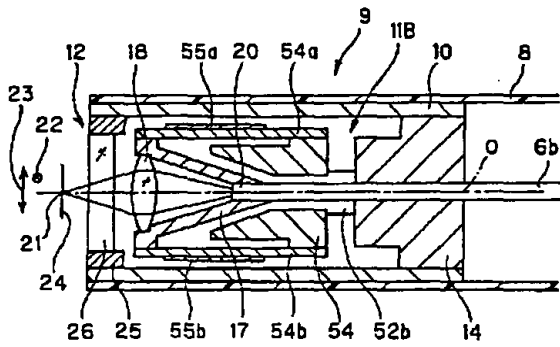
【図5】



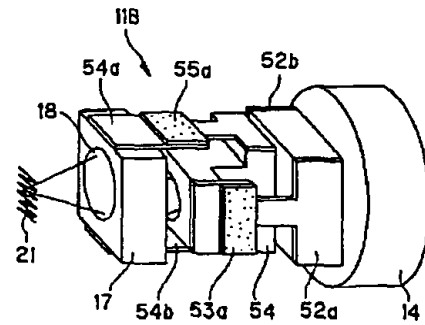
【図6】



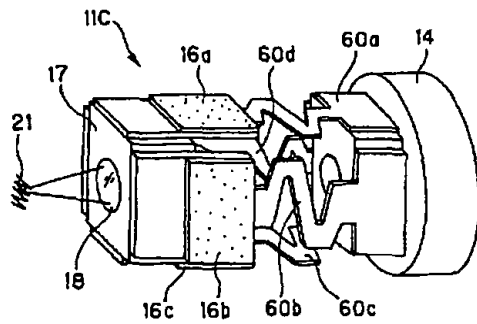
【図7】



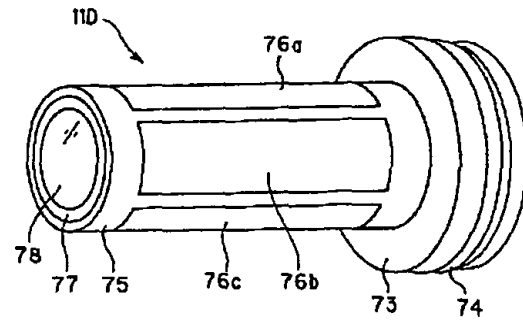
【図8】



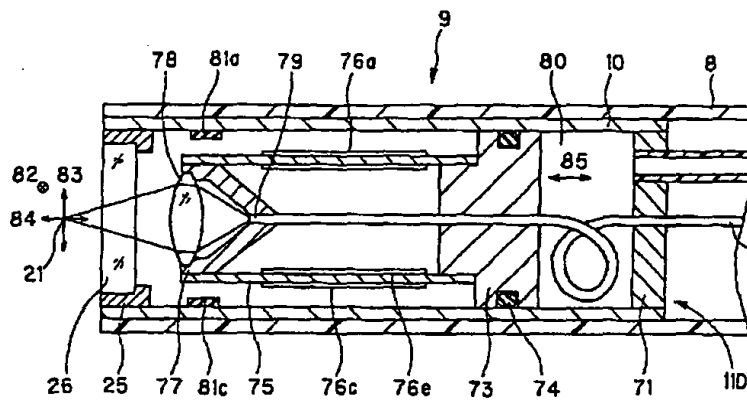
【図9】



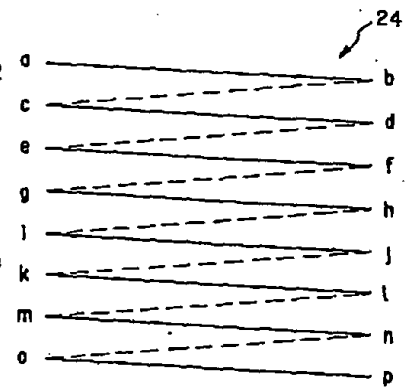
【図11】



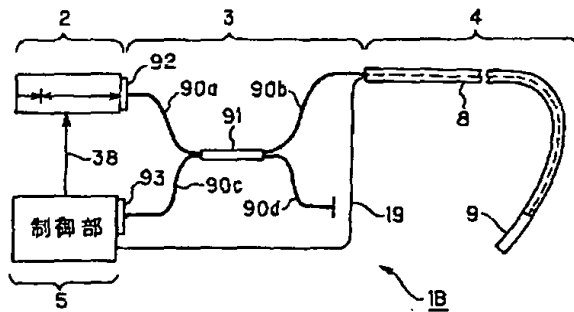
【图 10】



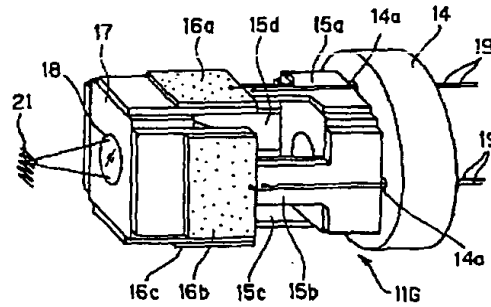
【図 23】



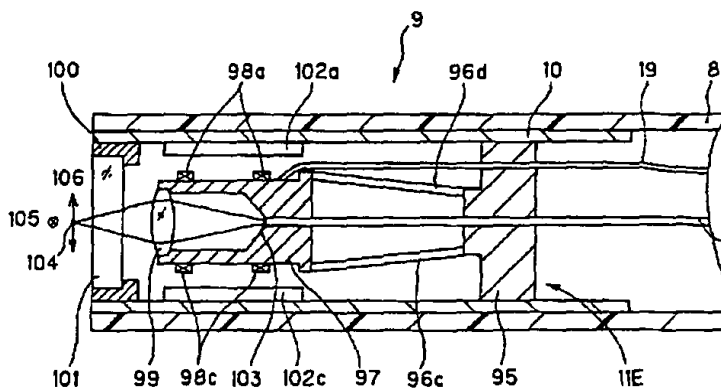
【图 12】



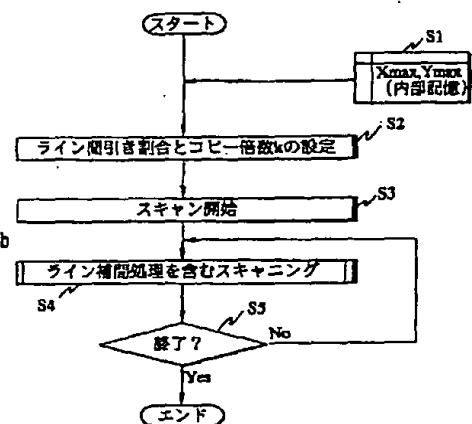
【图 18】



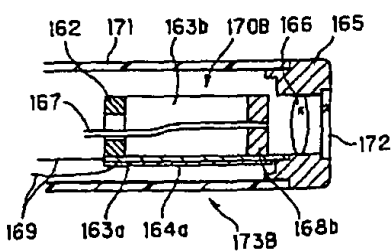
【图 13】



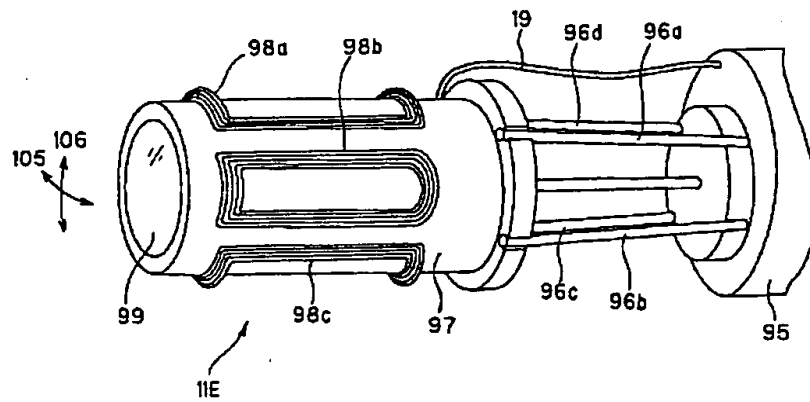
【図 25】



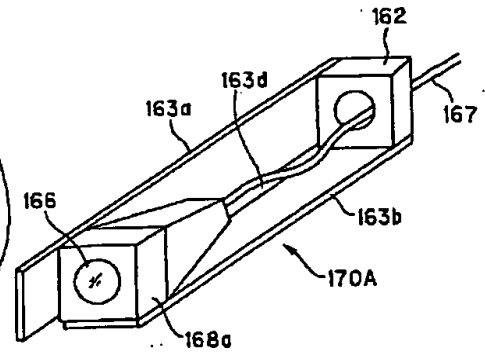
【☒ 30】



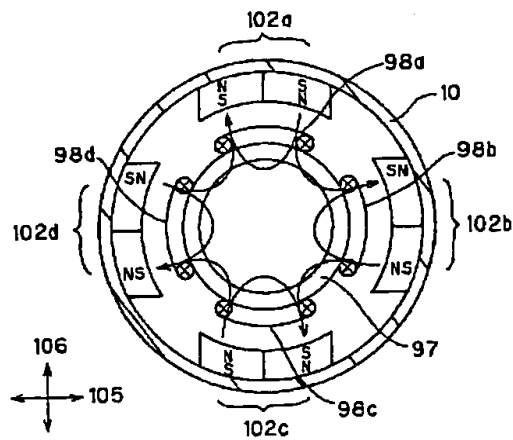
【図14】



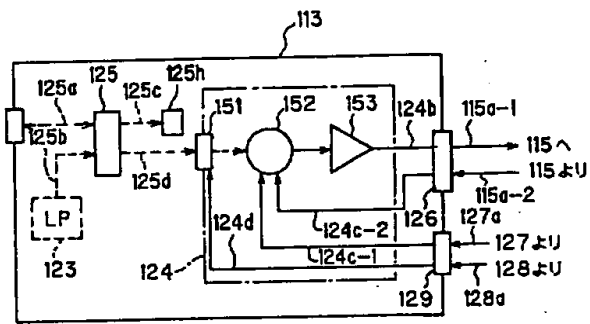
【図28】



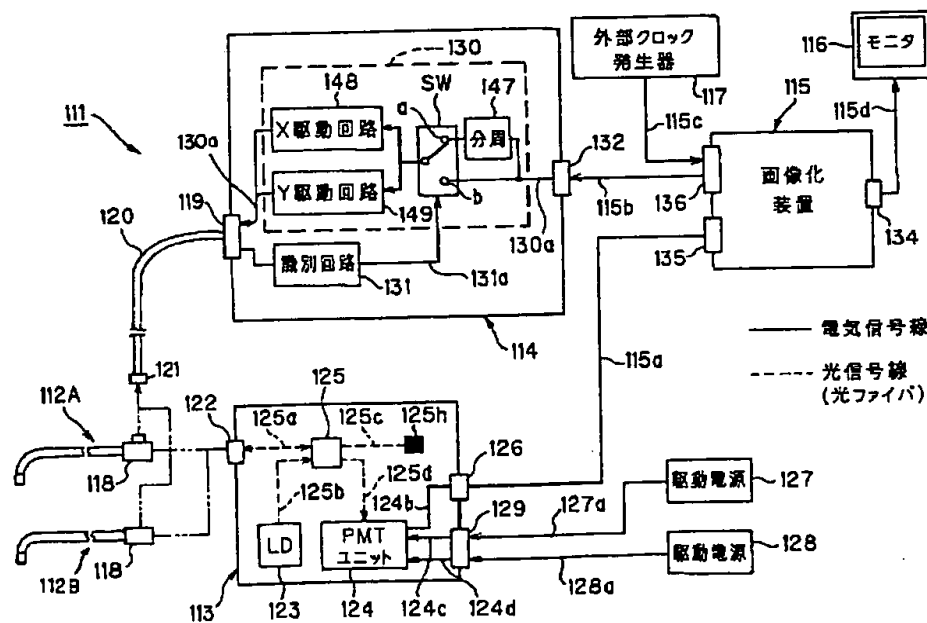
【図15】



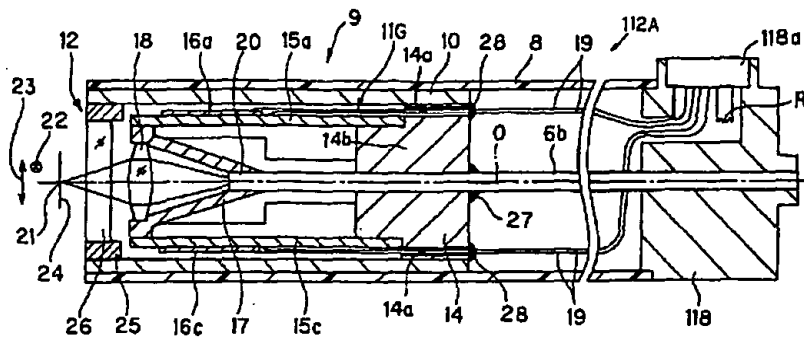
【図20】



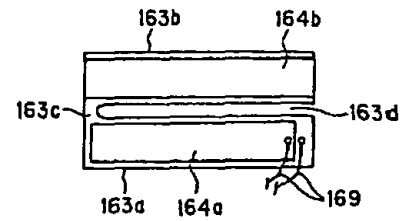
【図16】



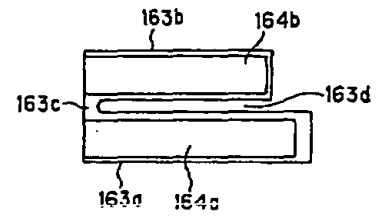
【図17】



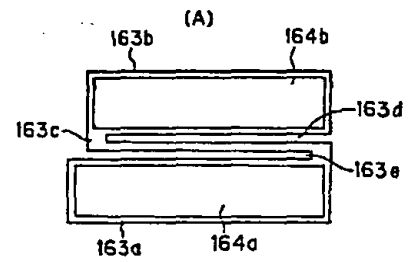
【図31】



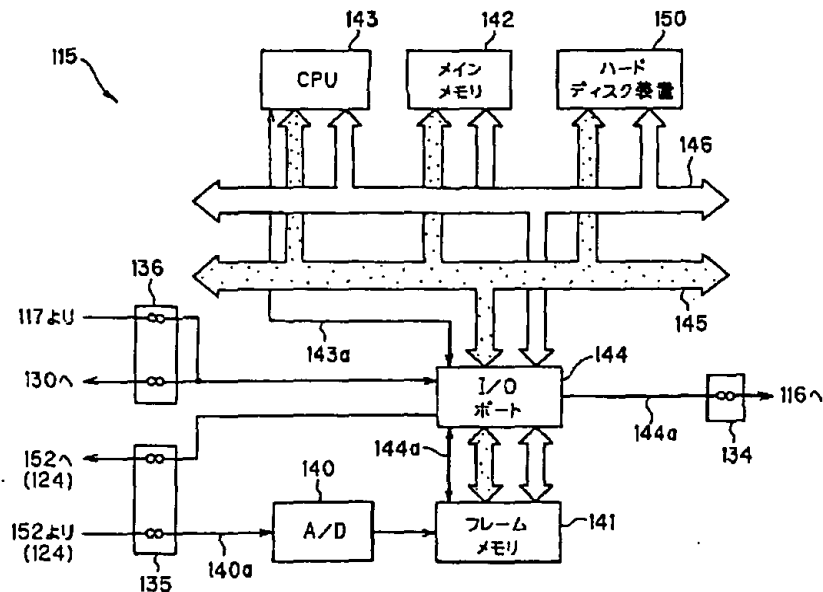
【図32】



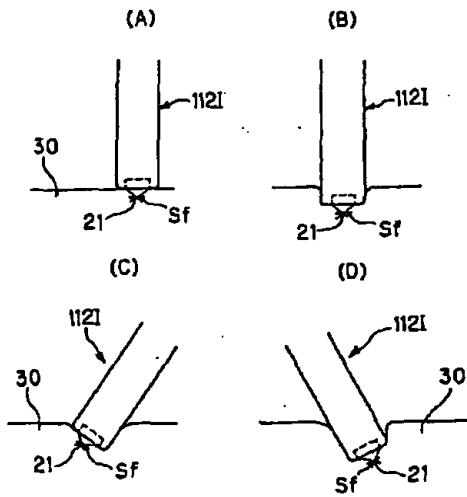
【図33】



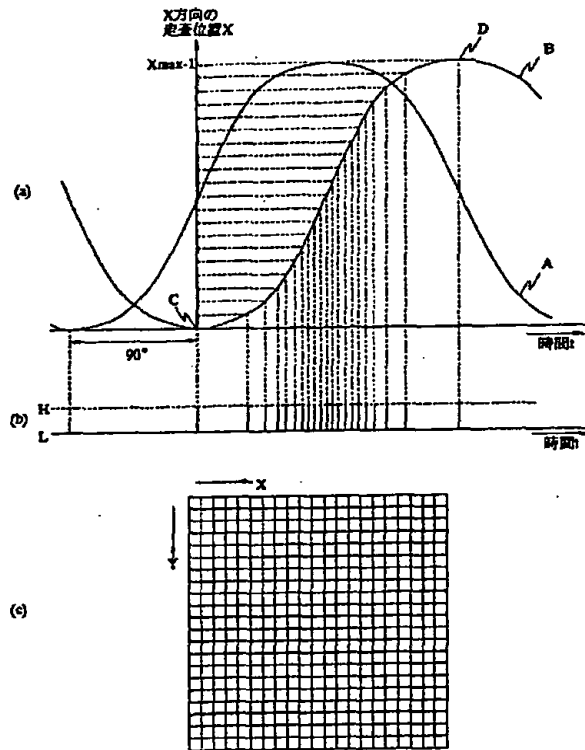
【図21】



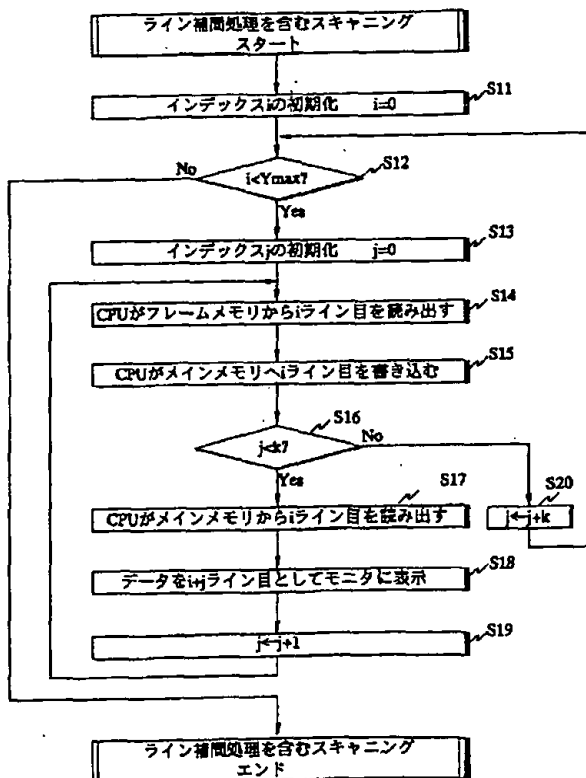
【図22】



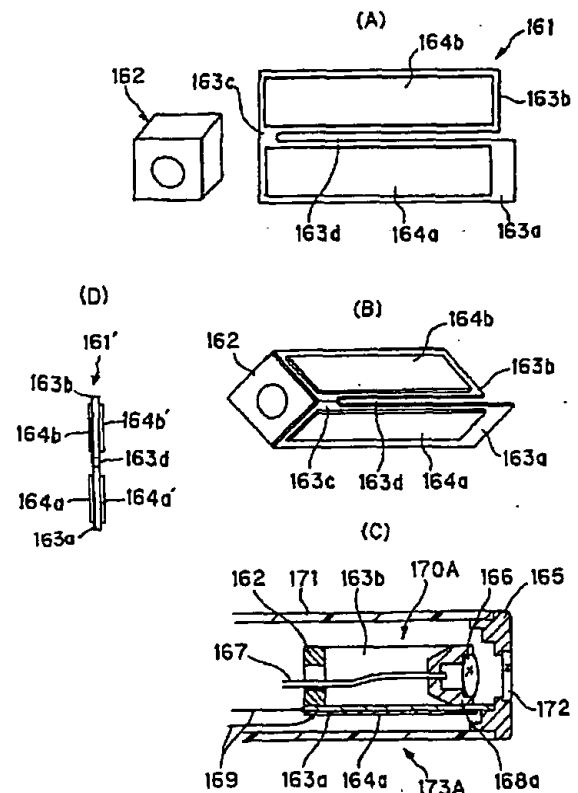
【図24】



【図26】

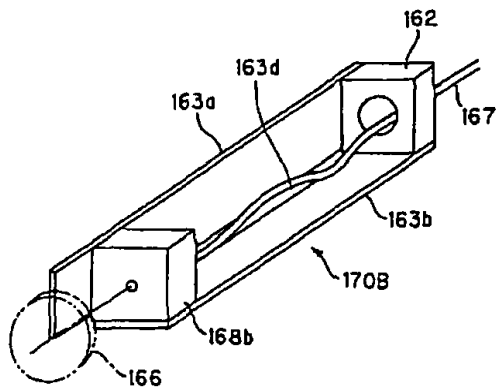


【図27】

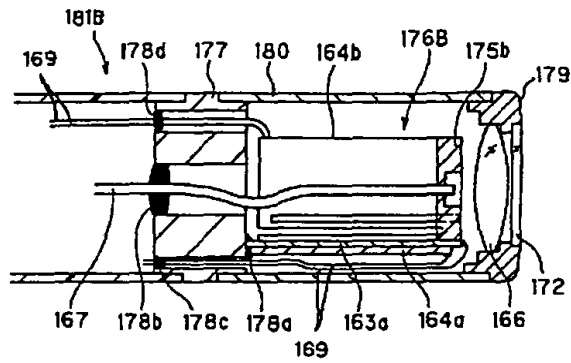




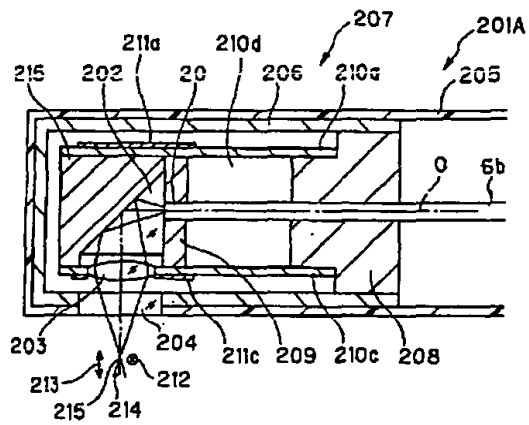
【図 29】



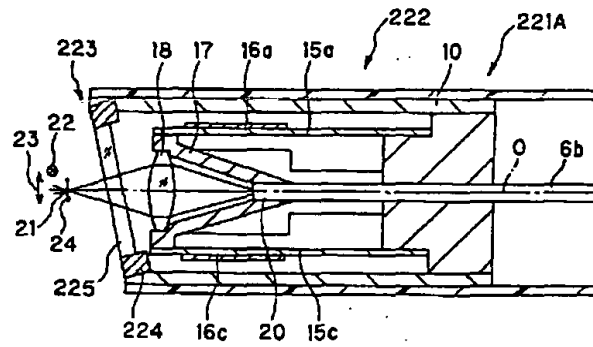
【図 34】



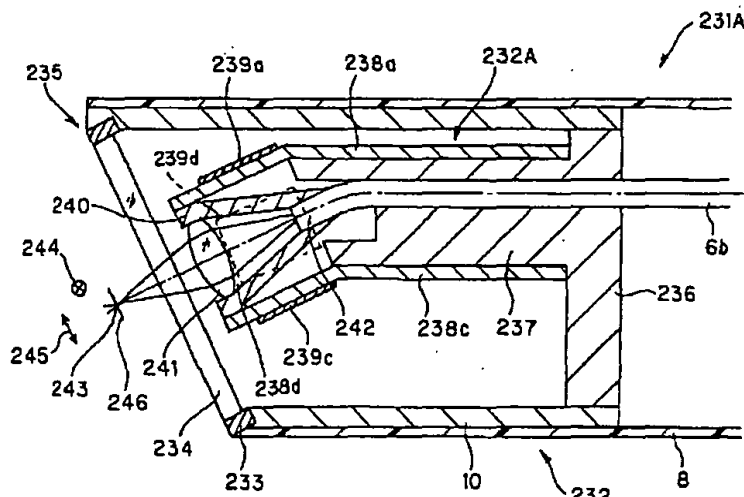
【図 35】



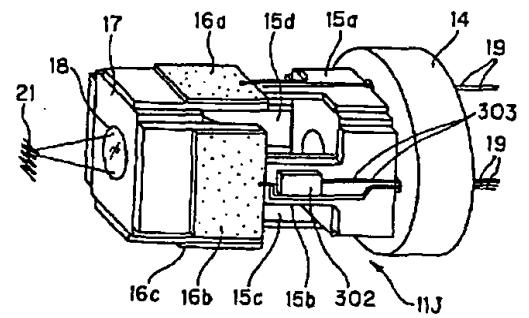
【図 36】



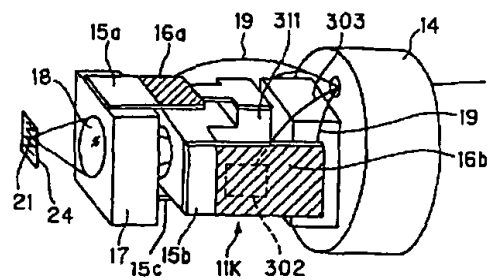
【図 37】



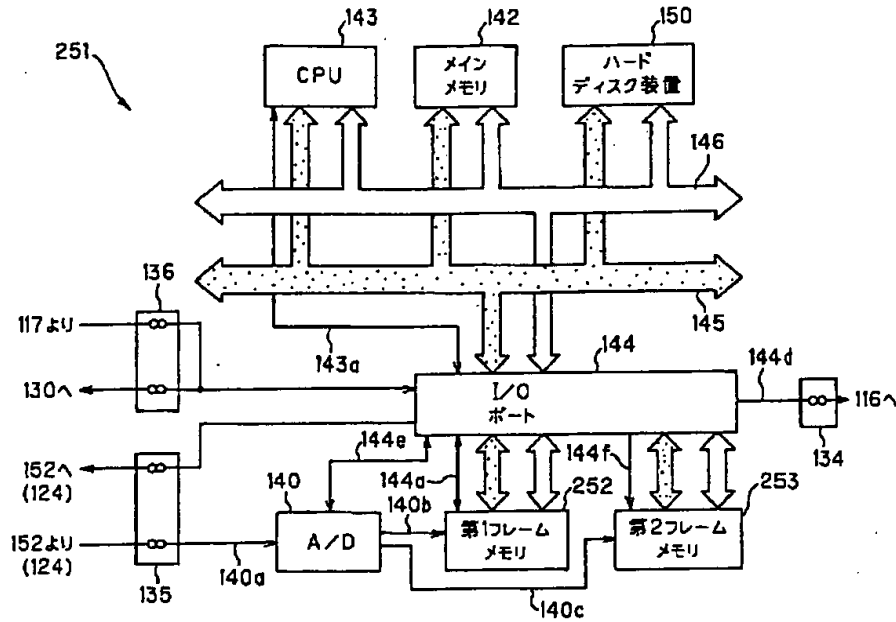
【図 41】



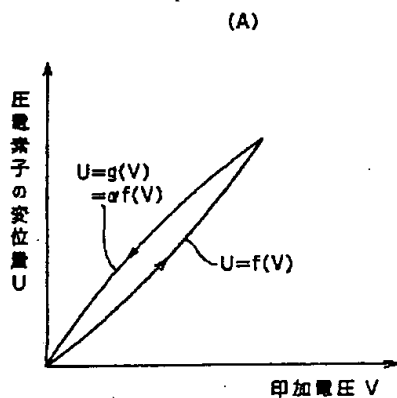
【図 45】



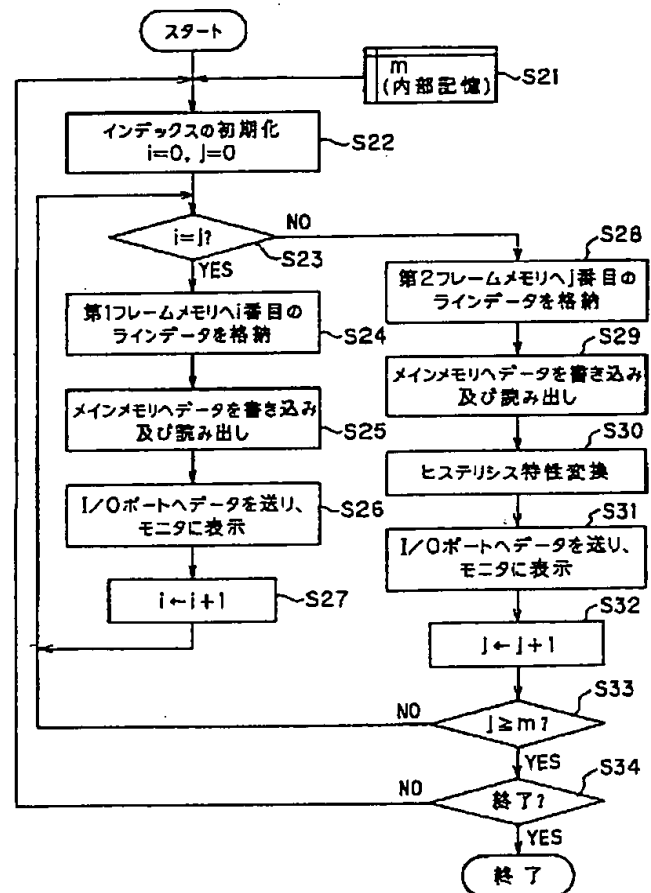
【図38】



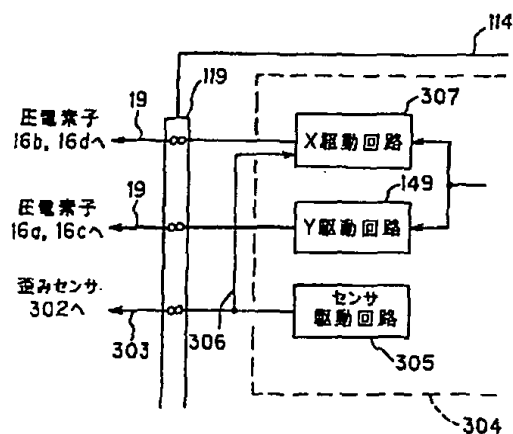
【図39】



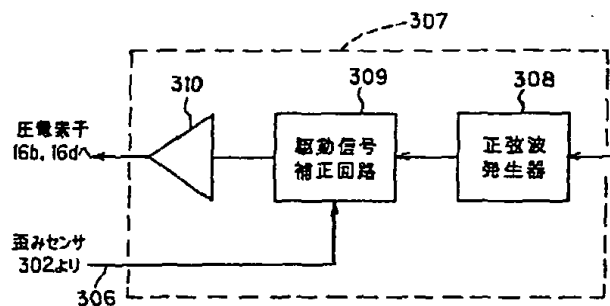
【図40】



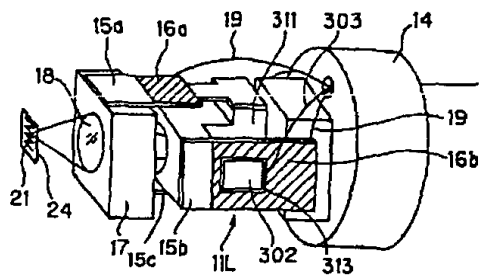
【图42】



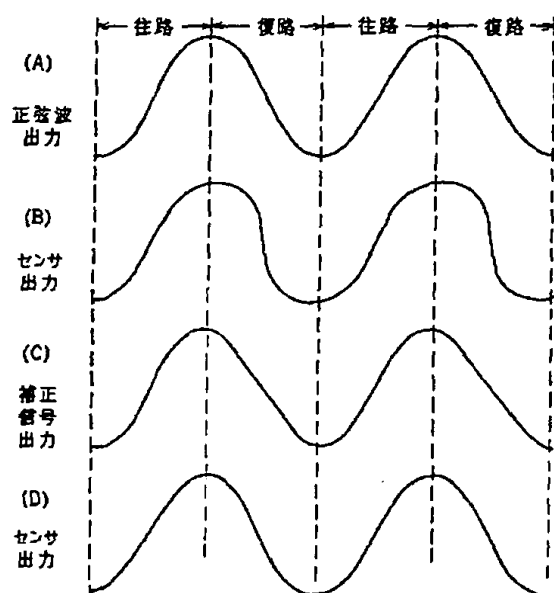
【図43】



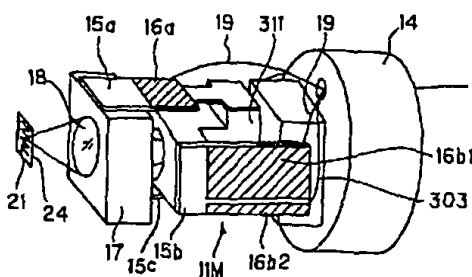
【例 46】



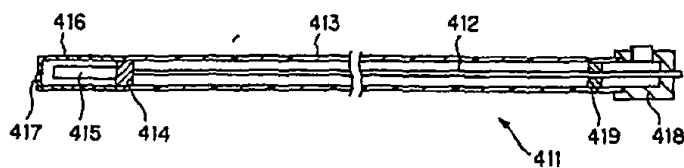
【图 4-4】



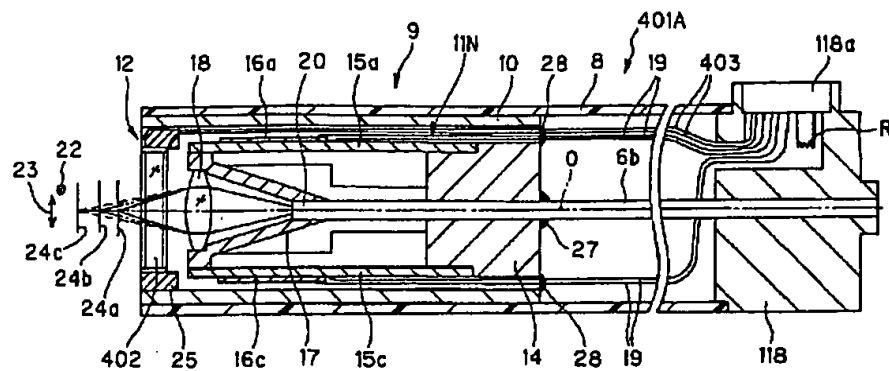
【例 47】



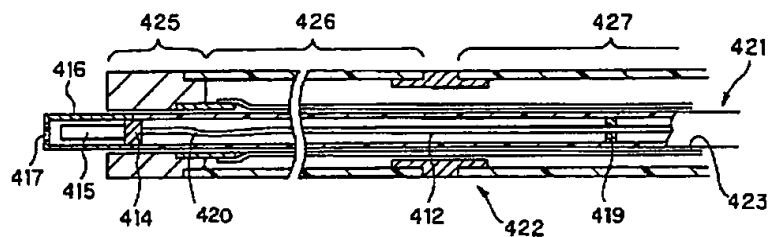
【图 49】



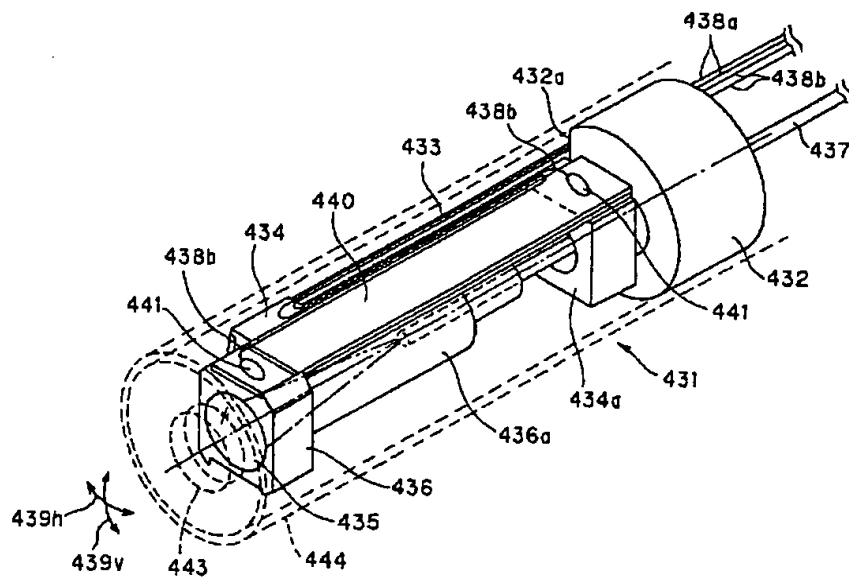
【図48】



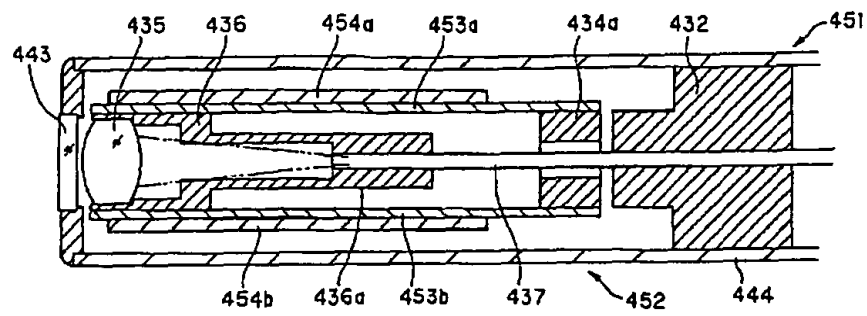
【図50】



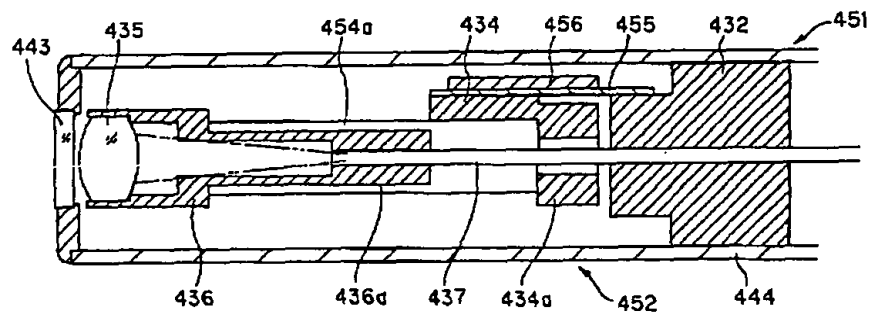
【図51】



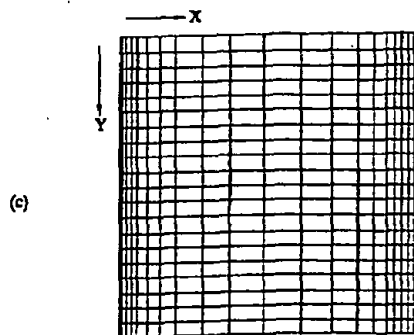
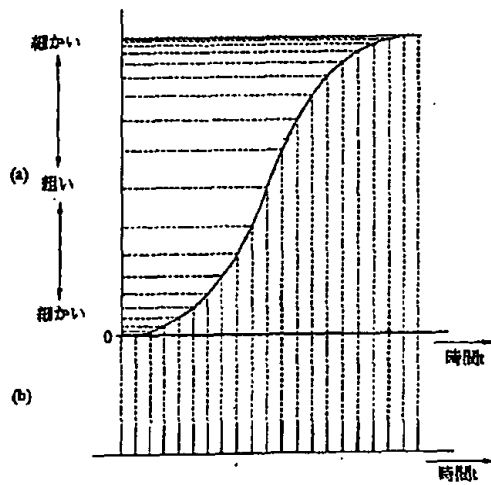
【図52】



【図53】



【図54】



## 【手続補正書】

【提出日】平成12年10月23日(2000.10.23)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0083

【補正方法】変更

【補正内容】

【0083】まずその背景を説明する。光ファイバ&対

物レンズ一体走査タイプの光プローブでは開口数(N A)を大きくして分解能が高い画像を得ることができるメリットがある。これに対し、光ファイバ走査タイプの光プローブは光ファイバのみを走査すれば良いので、前者よりも走査速度を大きくすることができるメリットがある。一方、光ファイバ走査タイプは光ファイバを走査することにより、開口数が小さくなってしまい、前者に比べて分解能は低下する。

---

フロントページの続き

(72)発明者 山宮 広之

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

Fターム(参考) 2H040 DA12 DA41

2H045 AF02 AG09 BA13 DA02